

SÉRIE A N° 1405
N° D'ORDRE : 2270

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

EUGÈNE BOUGY

1^{re} THÈSE

Chimisme de quelques hybrides de betteraves

2^e THÈSE

Propositions données par la Faculté

soutenues le

14 JUIN 1933 1933 devant la Commission d'examen

MM. M. MOLLIARD, Président

P. PORTIER }
C. MAUGUIN } Examinateurs

BRUXELLES

IMPRIMERIE J. COLASSIN & C^o

Rue du Borgval, 18

1933

SÉRIE A N° 1405
N° D'ORDRE : 2270

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

EUGÈNE BOUGY

1^{re} THÈSE

Chimisme de quelques hybrides de betteraves

2^e THÈSE

Propositions données par la Faculté

soutenues le

1933 devant la Commission d'examen

MM. M. MOLLIARD, Président

P. PORTIER	} Examineurs
C. MAUGUIN	

BRUXELLES

IMPRIMERIE J. COLASSIN & Co

Rue du Borgval, 18

1933

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

	MM.	
Doyen	C. Maurain, <i>Professeur</i> , Physique du globe,	
Doyen honoraire . . .	M. Molliard.	
<i>Professeurs honoraires</i>	H. le Chatelier.	
	H. Lebesgue.	
	A. Fernbach.	
	A. Ledue.	
	Emile Picard.	
	Remy Perrier.	
	Léon Brillouin.	
	A. Dercims.	
	E. Goursat	Analyse supérieure et algèbre supérieure.
	P. Janet	Electrotechnique générale.
	F. Wallerant	Minéralogie.
	P. Painlevé	Mécanique analytique et mécanique céleste.
	M. Caullery	Zoologie (Evolution des êtres organisés).
	Emile Borel	Calcul des probabilités et Physique mathématique.
	H. Abraham	Physique.
<i>Professeurs</i>	M. Molliard	Physiologie végétale.
	E. Cartan	Géométrie supérieure.
	Gabriel Bertrand	Chimie Biologique.
	Jean Perrin	Chimie physique.
	L. Lapique	Physiologie générale.
	M ^{me} P. Curie	Physique générale et radioactivité.
	G. Urbain	Chimie générale.
	L. Marchis	Aviation.
	E. Vessiot	Théorie des fonctions et théorie des transformations.
	A. Cotton	Physique générale.
	J. Drach	Application de l'analyse à la géométrie.
	Charles Fabry	Physique.
	R. Lespieau	Théories chimiques.
	P. Portier	Physiologie comparée.
	Charles Pérez	Zoologie.
<i>Professeurs</i>	E. Blaise	Chimie organique.
	P.-A. Dangeard	Botanique.
	Léon Bertrand	Géologie structurale et géologie appliquée.
	E. Rabaud	Biologie expérimentale.
	G. Julia	Calcul différentiel et calcul intégral.
	Paul Montel	Mécanique rationnelle.
	V. Auger	Chimie appliquée.
	P. Wintrebert	Anatomie et histologie comparées.
	O. Dubosq	Biologie maritime.
	Eugène Bloch	Physique théorique et physique céleste.
	L. Lutaud	Géographie physique et géologie dynamique.
	Henri Villat	Mécanique des fluides et applications.
	Ch. Jacob	Géologie.
	P. Pascal	Chimie minérale.
	E. Esclangon	Astronomie.
<i>Professeurs</i>	H. Bénard	Mécanique expérimentale des fluides.
	C. Mauguin	Minéralogie.
	L. Blaringhem	Botanique.
	A. Guilliermond	Botanique (P. C. N.).
	A. Denjoy	Mathématiques générales.
	A. Dufour	Physique (P. C. N.).
	H. Béghin	Mécanique physique et expérimentale.
	De Broglie	Théories physiques.
	E. Péchard	Chimie (Enseig. P. C. N.).
	A. Guillet	Physique.
	M. Guichard	Chimie minérale.
	A. Michel-Lévy	Pétrographie.
	H. Mouton	Chimie physique.
	L. Dumoyer	Optique appliquée.
	M. Javillier	Chimie biologique.
<i>Professeurs</i>	Robert-Lévy	Zoologie.
	A. Debierne	Radioactivité.
	E. Darmois	Physique.
	G. Bruhat	Physique.
	F. Picard	Zoologie (Evolution des êtres organisés).
	L. Joleaud	Paléontologie.
	M. Fléchet	Calcul des Probabilités et Physiq. mathématiques.
	M ^{me} Ramart-Lucas	Chimie organique.
	Foch	Mécanique expérimentale des fluides.
	Pauthenier	Physique (P. C. N.).
	Villey	Mécanique physique et expérimentale.
	Labrousse	Physique du Globe.
	Freundler	Chimie (P. C. N.).
	Prenant	Zoologie.
	P. Job	Chimie générale.
	Chrétien	Optique appliquée.
	Bohn	Zoologie (P. C. N.).
	Combes	Sciences naturelles (P.C.N.)
	Garnier	Mécanique rationnelle.
	Péres	Mécanique des fluides.
	Laugier	Physiologie générale.
	Toussaint	Technique aéronautique.
	Hackspill	Chimie (P. C. N.).
	M. Curie	Physique (P. C. N.).
Secrétaire	A. Pacaud,	Secrétaire honoraire D. Tombeck.



PREMIÈRE THÈSE

CHIMISME DE QUELQUES HYBRIDES
DE BETTERAVES

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
APERÇU HISTORIQUE ET INTRODUCTION... ..	1
CHAPITRE PREMIER. — TECHNIQUE :	
I. — Hybridation et Culture	8
II. — Méthodes d'analyse chimique :	
Remarques générales	10
Le sucre... ..	12
La matière sèche... ..	13
L'azote total... ..	14
L'azote organique... ..	15
L'azote insoluble	16
L'azote aminé... ..	17
Les cendres et leur alcalinité	19
Les chlorures des cendres... ..	20
La chaux et la magnésie des cendres	20
CHAPITRE DEUXIÈME. — HYBRIDES DE FOURRAGÈRES ET DE	
SUCRIÈRES : PREMIÈRE GÉNÉRATION	23
Les caractères végétatifs	27
Le sucre réducteur	28
Le sucre total	28
La richesse saccharine et la structure des jeunes racines... ..	29
La matière sèche... ..	32
L'azote organique... ..	32
L'azote total... ..	33
L'azote insoluble	34
L'azote aminé... ..	34
Les cendres	35
L'alcalinité soluble des cendres	36
L'alcalinité insoluble des cendres	37
Les chlorures des cendres	37
La chaux et la magnésie des cendres	37
Note sur quelques racines cultivées en pleine campagne... ..	40
CONCLUSIONS	40

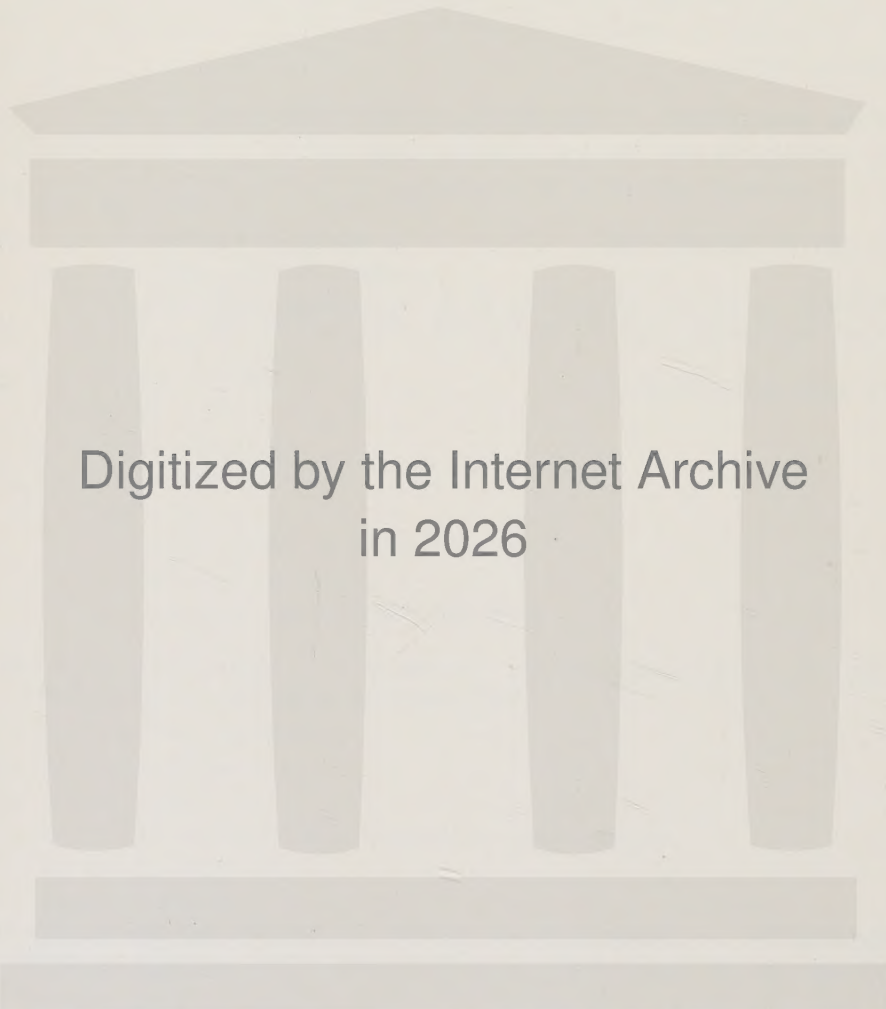
CHAPITRE TROISIÈME. — HYBRIDES DE FOURRAGÈRES ET DE
SUCRIÈRES : DEUXIÈME, TROISIÈME ET QUATRIÈME GÉNÉRATIONS.

I. — Deuxième génération	44
Les caractères végétatifs	45
Le sucre	48
Autres caractères chimiques	49
Note sur des racines cultivées dans d'autres conditions... ..	51
II. — Troisième et quatrième générations	55
CONCLUSIONS	55
CHAPITRE QUATRIÈME. — QUELQUES AUTRES HYBRIDES	57
I. — Betteraves cultivées et <i>Beta trigyna</i> Waldst	57
II. — Betteraves cultivées et <i>Beta maritima</i> L.	58
CONCLUSIONS GÉNÉRALES	60
APPENDICE. — Témoins et hybrides F1 de fourragères et de sucrières. —	
Détail des résultats pour les années 1928, 1929, 1930 et 1932	63
INDEX BIBLIOGRAPHIQUE... ..	72

ABRÉVIATIONS. — Chaque betterave hybride de première génération (F1) est désignée par un numéro d'ordre précédé des deux lettres indiquant sa filiation :

- V Betterave jaune de Vauriac.
- G Betterave géante rose.
- A Betterave sucrière Vilmorin A.
- B Betterave sucrière Vilmorin B.

Chaque betterave de deuxième génération (F2) est désignée par un numéro d'ordre précédé des deux lettres et du numéro correspondant à la racine F1 dont elle est issue.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549908_0066

APERÇU HISTORIQUE ET INTRODUCTION.

La racine de betterave présente des formations libéro-ligneuses surnuméraires. Sur une coupe transversale, on aperçoit facilement les zones concentriques de faisceaux séparées les unes des autres par du parenchyme.

En 1838, Decaisne [25] découvre la particulière abondance du sucre dans les petits « utricules » voisins des vaisseaux.

En 1847, Payen [65] poursuit cette analyse : sa note, très riche en sa concision, établit les différences de constitution chimique qui existent entre les « parties fibreuses » et les « parties celluleuses » de la racine, les premières se distinguant des secondes par une plus haute teneur en sucre et en matières azotées insolubles, par une proportion moindre de substances inorganiques.

Or, actuellement, et quoi qu'il en soit de leur origine, les *betteraves sucrières* se distinguent des *betteraves fourragères* par leur plus grand nombre d'anneaux vasculaires et le moindre développement de leurs parenchymes interstitiels. A l'analyse, on retrouve, entre ces deux sortes de betteraves, des *différences de constitution chimique* analogues à celles que Payen signalait jadis entre les zones fibreuses et celluleuses d'une même racine. Les *sucrières* donnent plus de sucre, plus d'azote insoluble et moins de cendres que les *fourragères*.

Quel est le comportement de ces divers caractères dans les hybrides qui résultent du croisement de ces deux sortes de betteraves ? Nous n'avons, sur ce sujet, que des renseignements fragmentaires, parce que, en utilisant l'hybridation pour la création de nouvelles races, les expérimentateurs n'ont ordinairement envisagé que le point de vue pratique. Avant d'exposer les recherches méthodiques et absolument désintéressées que nous avons effectuées pour répondre à cette question, nous voudrions résumer ce que nous savons du chimisme des betteraves et rappeler ce qui est indispensable pour montrer où s'insèrent nos recherches personnelles et quels points précis nous avons essayé d'élucider.

LE SUCRE.

Dans ses études publiées à partir de 1911 et portant principalement sur la forme et la coloration des betteraves, Kajanus [42] a noté que les hybrides de fourragères et de sucrières ne renferment que fort peu de sucre, 5,1 % en moyenne; ils se rapprochent, par conséquent, des premiers types de betteraves cultivés avant que la sélection n'ait fourni les races actuelles. En 1920, Munerati [59, pp. 80 et 112] émet des idées analogues; tout hybride, même s'il a hérité de la couleur blanche des sucrières, présenterait une très faible richesse saccharine, et il suffirait de croiser nos sucrières actuelles avec des fourragères ou des potagères pour reconstituer en une ou deux générations la betterave d'Achard.

Suivant J. Levêque de Vilmorin [96, pp. 114 et 120], la betterave sucrière, telle que nous la possédons, se montre récessive quant à la plupart des caractères qui nous intéressent, sauf le caractère poids. Cet auteur, toutefois, rend compte d'un essai effectué en 1918 et années suivantes, où la richesse saccharine des hybrides obtenus est loin d'être faible. Le croisement d'une betterave ronde (10,9 % de sucre) et d'une sucrière très riche (20 %), lui a donné des racines contenant entre 13,5 et 16,5 % de sucre. En seconde génération, on n'a pas retrouvé le chiffre très élevé en sucre de la betterave sucrière employée comme parent.

Nous avons nous-même publié récemment [22] des résultats où, en première génération, la richesse saccharine de quinze hybrides s'affirme au moins aussi nettement que dans l'expérience qui vient d'être rapportée, tout en restant intermédiaire entre celles des témoins. Les graines (géante blanche de Vilmorin $\times$ sucrière A du même nom), obtenues en 1924 et semées au printemps suivant, nous donnèrent des racines contenant en moyenne 11 % de sucre; dans les mêmes conditions, la fourragère en renfermait 7,5 % et la sucrière 13 %. Ces racines, cultivées en plein Paris, dans le Jardin des Carmes, étaient aussi belles que le permettait ce milieu mal aéré.

Il nous a semblé qu'il fallait reprendre l'expérience dans des conditions plus normales et la faire porter sur plusieurs années, afin d'éliminer, autant que possible, les erreurs dues à la grande plasticité de la betterave si influençable par les conditions de culture (Munerati [59, spécialement chapitre premier, § 5]; Munerati, etc. [60]; Pritchard [67], etc.) et par l'état atmosphérique (Colin [17]; Mori [58]; J. de Vilmorin et Cazaubon [97]; Urban [92], etc.).

D'autre part, afin de mieux mettre en évidence, le comportement du caractère sucre, il convenait de prendre, comme parent, non seulement une sucrière typique, mais une fourragère généralement pauvre en sucre. Nous avons le plus souvent adopté la betterave jaune de Vauriac.

L'hybride fourragère $\times$ sucrière et l'hybride sucrière $\times$ fourragère

ne présentent-ils point de différences? Peut-on retrouver dans les racines hybrides très jeunes les caractères qui s'affirmeront plus tard dans les souches pleinement développées? Ne trouve-t-on jamais en seconde ou en troisième génération une richesse saccharine égale ou même supérieure à celle des sucrières typiques? Autant de points sur lesquels nous donnerons les résultats de nos essais.

LA STRUCTURE.

Si l'on coupe transversalement une racine de betterave, on se rend compte facilement de sa structure. Au centre, un simple cordon libéroligneux (formations primaires et secondaires); dans le corps de la racine, plusieurs anneaux concentriques de faisceaux (formations tertiaires) séparés les uns des autres par des zones parenchymateuses plus ou moins larges.

Le sucre s'emmagasinant surtout dans les anneaux vasculaires, la sélection a peu à peu éliminé toutes les racines à parenchymes épais. A ce que rapporte von Lippman [48], les premières fabriques de sucre qui travaillaient la meilleure betterave d'alors, la blanche de Silésie, refusaient impitoyablement, comme renfermant plus d'eau et moins de sucre, les souches d'un poids supérieur à 2 kilogrammes; la sélection polarimétrique a joué dans le même sens, avec plus de rigueur encore. Le résultat est sous nos yeux; nous avons des betteraves riches, mais à vascularisation serrée et à parenchymes peu développés, donc de taille restreinte.

Aussi pour Hellriegel [35] et Pritchard [68], y a-t-il une véritable association entre ces deux caractères : petite taille et grande richesse saccharine. Cependant, Oetken [63] n'admet pas cette corrélation et J. Levêque de Vilmorin [96, p. 119] ne pense pas qu'elle soit absolue, car il a obtenu des lignées où les grosses racines contenaient en moyenne autant de sucre que les petites. Pellet [66] indique des résultats analogues.

D'ailleurs, si c'est un fait que les anneaux vasculaires ont plus de sucre, c'est aussi un fait qu'à richesse égale toutes les racines d'un lot n'ont pas une vascularisation identique. *On est donc amené à se demander dans quelle mesure la richesse saccharine est liée à la structure.* La Vauriac se distingue par sa vascularisation très faible et la largeur de ses zones parenchymateuses : en la croisant avec une sucrière de structure très serrée, *il nous sera possible d'observer dans les racines hybrides et dans leur descendance le comportement des deux caractères en question (1).*

(1) Geschwind [31] a essayé d'établir une relation entre la richesse saccharine d'une betterave et la disposition des vaisseaux du bois en son centre. Nous ne nous sommes pas attaché à l'étude de ce caractère, qui semble très discutable; voir Briem [11].

L'AZOTE.

Y a-t-il inverse proportionnalité entre le sucre et l'azote contenus dans une betterave? Frémy et Dehérain [27] l'ont affirmé en 1875 et bon nombre d'auteurs concluent dans le même sens : Sidersky [82], Jakuschkin [38]... Mais d'autres, Herzfeld [36, 37], Duschsky, etc. [26], par exemple, sont d'avis contraire. Tant de causes influent sur la teneur de la plante en matières azotées qu'il semble presque impossible de débrouiller leur écheveau : composition chimique du sol et de la fumure dont la richesse en nitrates augmente l'azote total (Strohmer et Fallada [86]; Briem [12]; Urban et Soucek [93]; Soucek [85]); écartement plus grand des rangées ou insolation moindre qui produisent le même résultat (ensemble des témoignages dans Wohryzek [101, p. 209]). Un des points les mieux établis est l'influence de la sécheresse qui augmente beaucoup le contingent azoté des racines. E. Saillard [79] a récemment publié les résultats des travaux effectués sous son contrôle, durant ces trente dernières années, au cours des essais culturaux du Syndicat français des Fabricants de sucre. Nous lui empruntons ces chiffres décisifs :

En 1911, année sèche, azote total % de sucre, 1,85;

En 1930, année humide, azote total % de sucre, 0,91.

On trouve dans Vondrak [98, 99] des chiffres analogues concernant les betteraves de l'Europe Centrale. Comme le prouve le dosage de l'azote « nuisible » (azote total dont on a retranché l'azote protéique et l'azote éliminable par la chaux), l'augmentation en année sèche porte principalement sur les composés amidés et aminés particulièrement néfastes à l'industrie sucrière.

Sauf les expériences déjà anciennes de Frémy et Dehérain, tous les travaux que nous venons de signaler portent sur des betteraves voisines de nos sucrières actuelles. Garola [28, p. 273] donne quelques résultats concernant des fourragères, d'où l'on peut conclure que, comme pour les sucrières, un grand espacement produit une légère augmentation des matières azotées.

Il résulte de cet exposé que nous ne pourrions comparer l'azote des fourragères, des sucrières et de leurs hybrides qu'en *assurant le développement de toutes les racines dans des conditions rigoureusement identiques*.

Les substances azotées renfermées dans la betterave sont extrêmement variées. Outre les protéines à poids moléculaire élevé, elles comprennent toute une série de corps plus simples, dont les traités classiques Saillard [77, I, p. 36], Roemer [74, p. 82] donnent la liste : amides, amines, acides aminés, nitrates, etc.

Doser séparément l'azote provenant de chacune de ses sources est pratiquement irréalisable. Du moins, essaierons-nous de déterminer :

L'azote minéral;

L'azote aminé, dont l'abondance est si désavantageuse dans l'extraction industrielle du sucre, ainsi que nous l'avons déjà dit;

L'azote des matières protéiques coagulables par la chaleur qui nous fixera en quelque sorte sur l'activité fonctionnelle des racines analysées, les tissus plus actifs étant toujours plus riches en protéines, comme Molliard [57] et Grandsire [32] l'ont montré dans le cas des feuilles vertes comparées aux feuilles atteintes de chlorose congénitale.

LES CENDRES.

Dès 1875, Pagnoul [64] et Ville [95] ont attiré l'attention sur ce fait que plus une betterave est riche en sucre, plus elle est pauvre en matières salines et l'on sait que les fourragères laissent plus de cendres que les sucrières. Au temps des analyses de Wolff [102], vers 1886, celles-ci fournissaient encore jusqu'à 6,6 de cendres % de matière sèche. Elles en donnaient déjà moins au temps des travaux de Andrlik, Stanek et Urban, entre 1902 et 1908 [3, 4]. Les variétés actuelles n'en renferment plus guère que 3 %, en moyenne. D'ailleurs, il résulte nettement des récentes publications de Saillard [78], déjà citées plus haut, que le taux de cendres, dans la betterave entière, est en raison inverse de la richesse saccharine, et que la chose est encore évidente lorsqu'on met en parallèle des betteraves à 15 et à 18 de sucre % de pulpe fraîche. Ces résultats de large envergure montrent bien l'inexactitude de la théorie de Liebig. L'illustre chimiste bavarois pensait qu'il existe une relation à peu près constante, dans les végétaux, entre la teneur en bases minérales et le poids de matière sèche élaborée. L'histoire de la betterave nous montre, au contraire, que le taux des cendres diminue à mesure que celui des hydrates de carbone augmente. A cette variation générale s'ajoutent des oscillations individuelles qui compliquent le phénomène; mais en prenant la moyenne d'un nombre suffisant d'analyses, il nous sera possible de vérifier s'il se retrouve chez les hybrides.

Qu'il y ait une relation entre la teneur en cendre et la structure, on n'en saurait douter devant les faits suivants établis par H. Colin et A. Grandsire [19, 23]. Lorsqu'on soumet aux mesures cryoscopiques le suc de betterave, on n'observe pas de variations appréciables du point de congélation d'une région à l'autre, même si l'on prend soin d'examiner séparément le suc du tissu vasculaire et celui du parenchyme interstitiel. Sur une géante rouge, par exemple, on a trouvé comme valeur Δ de l'abaissement du point de congélation :

Δ 1,17 (parenchyme)

1,18 (faisceaux)

et, en diluant le suc (10 g. de pulpe intimement broyée pour 100 cm³ d'eau) :

Δ 0,117 (parenchyme) 0,115 (faisceaux)

Ces résultats semblent paradoxaux, si l'on s'arrête à cette considération que la pulpe des régions vasculaires accuse une plus grande richesse saccharine et un indice de réfraction N plus fort, correspondant à un pourcentage plus considérable de matières dissoutes. Les choses s'expliquent, au contraire, aisément si l'on tient compte de la distribution des matières minérales. Le parenchyme interstitiel fournit plus de cendres, de sorte que, au point de vue cryoscopique, la pénurie de sucre s'y trouve compensée par la concentration en électrolytes. La conductibilité K du suc d'expression, plus grande dans le tissu conjonctif que dans les anneaux libéro-ligneux, confirme bien cette manière de voir. Les lettres du tableau ci-dessous : P, F, E, désignent respectivement le parenchyme, les faisceaux et la région périphérique; les fragments de pulpe soumis à l'analyse se suivent sans interruption à partir du centre :

	P	F	P	F	P	F	P	E
Valeurs de N :	1,345	1,349	1,344	1,349	1,346	1,347	1,347	1,346
Valeurs de K × 10 ⁵ :	227	168	185	133	185	140	194	201

Il existe donc un balancement entre les matières hydrocarbonées et les substances minérales; c'est pourquoi les mesures cryoscopiques n'accusent pas de variations appréciables de la pression osmotique à l'intérieur d'une même racine.

D'autre part, l'enrichissement en sucre de la betterave n'a pas seulement pour effet de diminuer le pourcentage des cendres, il change aussi leur composition : recul des alcalins et du chlore, augmentation de la chaux et de la magnésie, au témoignage des auteurs que résume Wohryzek [101, p. 214]. Nous aurons à rechercher ce que deviennent tous ces éléments dans les racines hybrides et s'ils y présentent les mêmes corrélations avec les caractères précédemment indiqués.

Structure, sucre, azote, cendres de racines obtenus par le croisement de fourragères et de sucrières, relations mutuelles de ces divers caractères : tels sont les points sur lesquels le présent travail apporte quelques résultats.

Dans un premier chapitre, nous indiquerons la technique suivie tant au point de vue de l'hybridation que de l'analyse chimique.

Un deuxième chapitre exposera les résultats acquis en première génération.

Un troisième chapitre donnera les résultats obtenus en deuxième

génération et des résultats partiels pour les troisième et quatrième générations.

Enfin, *dans un quatrième chapitre*, nous étudierons quelques hybridations complémentaires, portant sur d'autres variétés ou espèces de betteraves.

Les questions auxquelles nous avons voulu répondre ne supposent pas une analyse chimique complète des souches de betteraves. Nous avons dû nous limiter et renoncer à certaines recherches ou à certaines méthodes de recherches qui sont abordables dans les laboratoires industriels, mais dépassent les possibilités d'un travailleur isolé. Cependant, nous avons cru pouvoir adopter comme titre de cette thèse : « *Chimisme* de quelques hybrides de betterave », parce que, sans être exhaustives, nos recherches portent sur des constituants assez divers (hydrates de carbone, matières minérales et azotées) pour donner les grandes lignes de la physionomie chimique des racines étudiées.

M. le Professeur Molliard, Membre de l'Institut, Doyen honoraire de la Faculté des Sciences, me fait l'honneur de présider cette thèse : je le prie d'agréer l'hommage de ma respectueuse gratitude.

M. l'Abbé Colin, Professeur à l'Institut Catholique, ne m'a pas seulement suggéré le sujet de ce travail ; avec la plus délicate obligeance, il m'a guidé de ses conseils éclairés et judicieux. Qu'il veuille bien trouver ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

M. J. Levêque de Vilmorin, dont les travaux sur l'hérédité chez la betterave sont bien connus, a aimablement facilité la mise en œuvre de mes expériences. J'adresse mes vifs remerciements à la Maison de Vilmorin, spécialement à M. Meunissier, Directeur des services de Génétique.

Avec l'autorisation de M. J. Bergé, Président de l'Institut Belge pour l'amélioration de la betterave, on a bien voulu semer, dans les champs d'essais de Tirlemont, un certain nombre de graines que j'avais envoyées, puis analyser les betteraves à l'usine. Je ne saurais dire combien il m'a été utile d'avoir ce point de comparaison avec la grande culture.

Je ne puis nommer ici tous ceux dont les aimables services ont facilité ma tâche, mais je n'ai garde d'oublier ce que je dois à leur bienveillance.

CHAPITRE PREMIER.

TECHNIQUE

I. — HYBRIDATION ET CULTURE.

Dans une de ses publications, Kajanus [41] fait remarquer qu'il est difficile d'effectuer l'hybridation artificielle sur la betterave, parce que les fleurs sont facilement endommagées par le traitement. Quoi qu'il en soit de cette difficulté, qu'il ne faut pas exagérer, nous le dirons plus loin, on ne peut pas se fier aux hybrides fortuits obtenus soit en isolant des branches de betteraves différentes sous une même toile, soit en cultivant deux variétés de betteraves l'une à côté de l'autre, comme l'a fait Rimpau [72, voir aussi 94]. Dans l'un et l'autre cas, on ne sait jamais d'une façon certaine si les graines formées résultent ou non d'un croisement.

Remarquons que la coloration des racines F1 ne suffit pas à lever cette indétermination. Le procédé très sûr que nous allons décrire nous a donné des hybrides sucrière $\times$ fourragère non colorés, comparables à des sucrières typiques, et des hybrides fourragère $\times$ sucrière dont la coloration ressemblait étrangement à celle de la fourragère pure. Des auteurs, comme Hallquist [33], ont déterminé le pourcentage d'autofécondation chez la betterave en cultivant, au voisinage l'une de l'autre, une race blanche et une race colorée. La coloration des produits F1 permettait d'établir les cas d'autofécondation et de fécondation croisée. Cette détermination n'échappe pas à la cause possible d'erreur que nous venons de signaler.

Dans nos recherches, nous avons toujours procédé de la façon suivante, qui est rigoureuse et ne laisse aucun doute sur les parents de chaque sujet.

PROCÉDÉ D'HYBRIDATION

Vers l'époque de la floraison, on choisit sur la betterave mère un rameau convenable, qu'on isolera, sur une partie de sa longueur, par un manchon de papier parchemin. Sur ce trajet, on enlève les fleurs épanouies et on retient une douzaine de beaux glomérules, dont seuls les boutons centraux sont utilisés; les boutons latéraux, d'ordinaire moins développés, sont supprimés. On ouvre avec une pince les boutons au fur et à mesure qu'ils sont sur le point de s'épanouir et on fait l'ablation des étamines,

en prenant soin de ne pas léser le pistil, qui est encore petit et frêle. Il ne faut pas opérer les fleurs trop jeunes, car le pistil, même intact, cesserait de se développer. Les sacs polliniques ne doivent pas s'ouvrir au cours de l'opération : aussi y a-t-il avantage, par beau temps, à la faire le matin, avant que la sécheresse n'ait augmenté la sensibilité de l'assise mécanique des anthères.

La pollinisation suit, trois ou quatre jours après, lorsque le stigmate est épanoui (1) ; on utilise du pollen datant au plus de quelques jours et conservé au sec ; parfois, l'imprégnation est faite directement en frottant doucement le stigmate avec une anthère mûre. Le manchon de papier est maintenu autour des fleurs artificiellement pollinisées, jusqu'à ce que les stigmates se flétrissent. Lorsque l'agitation de l'atmosphère ou la position du rameau l'exige, toutes les opérations sont faites en s'abritant derrière un écran de toile serrée.

Une de nos publications [21], datée d'octobre 1930, a déjà indiqué les grandes lignes de cette technique, que nous avons utilisée dès nos premiers essais, quelques constatations expérimentales très simples nous ayant permis d'adapter facilement à la betterave une méthode qui est classique en hybridation. La valeur de cette adaptation a été confirmée par les recherches de Kharetsko-Savitskaïa, publiées à Kiev en 1931 [45]. D'après cet auteur, en effet, le maximum de graines bien constituées est obtenu si on pollinise les fleurs trois jours après leur épanouissement. Le pollen, mûr dès la déhiscence des anthères, conserve pendant dix jours un pouvoir germinatif qui ne tombe pas au-dessous de 90 %, si le milieu est peu humide et la température comprise entre 15° et 29°. L'heure, à laquelle on la réalise, n'a aucune influence sur l'hybridation. Sa réussite dépend essentiellement de la possibilité du croisement, non de l'habileté technique. C'est aussi notre avis : l'opération est plus minutieuse que difficile.

CULTURE.

Afin d'assurer la germination dans les meilleures conditions possibles, les graines hybrides furent toujours semées en pots, dans de la terre tamisée, et à petite profondeur, puisque, pour se bien développer, elles doivent « voir le soleil », comme le rappelle Quillard [71]. Pour avoir des témoins de tous points comparables aux hybrides, les races pures furent semées de la même façon. Les jeunes plants étaient repiqués en fin de mai ou au début de juin, de préférence par temps couvert et humide. On les plaçait à égale distance les uns des autres, les témoins mélangés aux hybrides. Il y avait près de six betteraves au mètre carré, ce qui correspond à un rendement excellent, d'après Garola [28, p. 268] et Jarrel [39].

Nous n'ignorons pas que le repiquage donne assez souvent des racines fourchues. Mais il fallait, avant tout, protéger la germination des graines hybrides qui, obtenues par le procédé que nous venons de décrire, étaient nécessairement en nombre limité. En pleine terre, bien des graines sont détruites. De deux inconvénients, nous avons dû choisir le moindre.

(1) La protandrie de la betterave, que la plupart des auteurs admettent avec Shaw [81], a été vigoureusement combattue par van Hell [34]. Nous n'avions point à entrer dans ce débat, nous avons simplement constaté que la fécondation réussissait parfaitement, au moment que nous indiquons.

LIEU DE CULTURE.

Un petit jardin, sans ombrage, situé dans un quartier excentrique d'Alençon, entouré de murs assez bas et environné d'autres jardins, donc bien aéré.

Terre homogène et bien meuble de pH très légèrement inférieur à 7, ce qui est un optimum, d'après les recherches de Trénel [90].

Dans ce jardin, fleurs et légumes poussent bien. Malgré les précautions prises (fumure, binages, arrosage en cas de sécheresse), les betteraves ne s'y développèrent que médiocrement. Là encore, nous avons dû choisir le moindre inconvénient : il s'agissait d'abord d'éviter toute erreur et toute cause de confusion. Nous aurions attaché plus d'importance à ce faible développement des racines, s'il s'était agi de créer une nouvelle race industriellement utilisable. L'introduction de ce mémoire a suffisamment montré que tel n'était pas notre but. Pour étudier correctement le chimisme des hybrides, il suffisait de le comparer à celui des races pures cultivées de la même façon.

Il n'en reste pas moins que nous étions curieux de connaître le comportement des hybrides dans les conditions de la grande culture. Des essais, effectués en Belgique, nous ont renseigné en ce qui concerne les racines F2. Pour les racines F1, nous ne pouvons apporter actuellement que de brèves indications.

Sauf avis contraire, tous les résultats se rapportent à des betteraves cultivées en jardin, dans les conditions que nous venons de décrire.

Au début du chapitre troisième, nous dirons comment nous avons assuré l'autofécondation des hybrides, dont nous étudierons la descendance.

II. — MÉTHODES D'ANALYSE CHIMIQUE

REMARQUES GÉNÉRALES

Les dosages de sucre, d'azote insoluble et d'azote aminé furent toujours effectués immédiatement après l'arrachage des betteraves, afin d'éviter, dans leur composition, toutes transformations analogues à celles que signalait encore récemment Litvine [50] : migration du sucre et de l'azote dans les racines arrachées et non effeuillées. On prélevait en même temps des poids connus de substance fraîche destinée à être desséchée, puis à servir aux autres dosages.

Obligé d'échelonner nos analyses sur une assez longue durée, parfois du début d'octobre à la fin de novembre, nous n'avons jamais manqué de répartir l'étude des témoins et des hybrides au cours de cette période, de façon à obtenir des résultats toujours comparables.

Pour la même raison, il nous fallait tenir compte de ce fait qu'une même racine n'offre pas la même composition en tous ses points. La tête et la pointe des sucrières présentent une valeur qualitativement inférieure et des ouvrages comme ceux de Saillard [77, I, p. 154] et de Tabenzki [87, p. 66] ont vulgarisé le schéma montrant l'inégale répartition du sucre.

Pour obtenir la richesse moyenne, l'industrie passe les betteraves

à la râpe ou au foret-râpe. De tels procédés nous étaient interdits pour deux raisons :

1° Nous tenions à pouvoir observer la vascularisation des racines analysées et à en conserver des coupes transversales.

2° Nos betteraves étaient généralement trop petites pour n'être pas sérieusement endommagées par ce traitement. Or il était indispensable de conserver des souches en assez bon état pour en obtenir des graines et étudier leur descendance.

Aussi n'avons-nous pas travaillé sur des échantillons moyens, mais sur des échantillons toujours prélevés dans le même ordre, celui où nous exposerons plus loin nos résultats. C'est ainsi que le sucre, par exemple, a toujours été dosé sur de la pulpe prélevée à la base de la betterave. Le chiffre trouvé est donc légèrement différent de celui que nous aurait donné un échantillon moyen. Mais tous les résultats sont comparables entre eux, même lorsque, voulant conserver une souche pour la faire grainer, nous n'avons prélevé sur elle que la matière indispensable à un ou deux dosages.

Ajoutons que nous nous sommes toujours efforcé de rapprocher nos résultats des résultats moyens et cela de deux façons :

1° En évitant d'opérer sur les régions extrêmes, fine pointe et surtout région voisine du collet qui, plus que toute autre, diffère du reste de la racine;

2° En éliminant toujours dans nos échantillons la région corticale qui présente une composition chimique spéciale. La surface latérale d'un cylindre de volume constant étant d'autant plus grande que le rayon de base du cylindre est plus petit, la proportion d'écorce, pour un même poids, aurait été plus considérable dans la pointe de la betterave que dans la région moyenne et aurait ainsi accentué les différences.

Plus d'une fois, lorsqu'il s'agissait d'une souche que nous n'avions pas intérêt à conserver, nous avons dosé le sucre total dans le centre de la racine (S2) après l'avoir déjà dosé à la base (S1). Le tableau suivant résume les résultats obtenus dans les cas les plus divers. Les deux dernières colonnes de droite ne sont données qu'à titre indicatif, la quantité moyenne de sucre ayant été calculée conventionnellement comme étant la demi-somme de S1 + S2 :

NATURE et désignation des racines		POIDS des racines en grammes	SUCRE TOTAL %		Différence : S ₂ — S ₁	Moyenne S ₁ + S ₂ 2	Différence : Moyenne — S ₁
			à la base de la racine S ₁	au centre de la racine S ₂			
Vauriac	N° 147	720	8,10	8,10	0	8,10	0
»	» 411	940	7,59	7,39	— 0,20	7,49	— 0,10
Sucrière	N° 130	350	16,87	17,48	0,61	17,17	0,30
»	» 410	495	13,80	14,00	0,20	13,90	0,10
Hybride	N° 95	230	15,65	16,30	0,65	15,97	0,32
»	» 164	1800	10,77	9,95	— 0,82	10,36	— 0,41
F 1.	N° 231-14	380	19,60	18,90	0,70	19,25	0,35
»	» 231 22	490	18,30	18,00	0,30	18,15	0,15

On voit que les différences pour le sucre S2 — S1 n'atteignent pas le gramme et qu'elles sont par conséquent loin d'avoir l'ampleur signalée par certains auteurs qui, dans une intention opposée à la nôtre, découpent la betterave de manière à accentuer au maximum ces différences. Les précautions prises pour rapprocher nos résultats de la moyenne furent donc efficaces.

Ce que nous venons de dire au sujet du sucre s'applique, toutes proportions gardées, aux matières azotées et minérales. Dans tous les cas les résultats sont voisins de la moyenne et comparables entre eux.

LE SUCRE.

Dans un sujet qui touche de si près à l'industrie, les méthodes d'extraction et d'analyse indiquées par les auteurs sont très nombreuses. Le procédé que nous avons employé est analogue à celui que H. Colin [20] a suivi pour l'analyse des betteraves conservées en silo. Nos recherches étant essentiellement comparatives, il fallait avant tout adopter une technique susceptible d'être employée en série et pratiquement réalisable dans des conditions toujours identiques.

Extraction.

Elle était faite par digestion aqueuse, à 95°, au bain-marie. Vingt grammes de substance fraîche coupée en petits fragments, étaient ébouillantés, puis broyés au mortier sans perte aucune. On les mettait alors à digérer dans la première eau, au bain-marie bouillant, pendant une demi-heure, le volume étant voisin de 150 cm³. Finalement le volume était amené exactement à 150 cm³, marc compris.

On attendait toujours plusieurs heures avant de procéder aux dosages afin que, par diffusion, le jus retenu par le marc ait le temps de se mettre en équilibre avec le liquide extérieur.

Le sucre réducteur.

Aucune hydrolyse du saccharose n'est à craindre, au cours de l'extraction. Car, d'une part, les diastases sont détruites dès le début de l'opération par la chaleur et, de l'autre, la liqueur est fortement tamponnée; son pH n'est pas supérieur à 6. Dans nos premières analyses, en raison de la température élevée à laquelle se faisait la diffusion, nous avons soin d'amener le pH à 7, par addition d'un goutte d'ammoniaque. Des analyses comparatives nous ont montré que cette précaution était inutile.

La liqueur d'extraction peut donc se prêter au dosage du sucre réducteur libre par la liqueur cupro-sodique. On utilisa le procédé Bertrand [7] : titrage par le permanganate du sulfate ferrique réduit par l'oxyde cuivreux. Le dosage était effectué sur 20 cm³, volume maximum concédé par le procédé Bertrand, sans défécation préalable. L'erreur occasionnée par les impuretés susceptibles d'agir sur la liqueur de Fehling est moindre que celle provenant de l'entraînement du sucre par les précipitations successives qu'exige la défécation. Les chiffres trouvés étaient du même ordre de grandeur que ceux indiqués par les auteurs ou même plus faibles, et cela tient certainement à notre façon de procéder : extraction immédiate du sucre ne laissant aux diastases aucune possibilité d'hydrolyser le

saccharose. On sait du reste qu'un dosage de réducteur en présence d'une forte proportion de saccharose est toujours approximatif. Saillard [76], Maquenne [51, 52, 53], surtout, ont longuement analysé cette cause d'erreur.

Nous dirons, dans le chapitre suivant, que les résultats obtenus manquaient totalement d'intérêt. Nous n'avons pas tardé à remplacer ce dosage par un essai nous permettant simplement de vérifier que, dans les racines analysées, le réducteur ne dépassait pas la proportion de 0,40 %.

Le sucre total.

La concentration en sucre total des liquides d'extraction était telle qu'il suffisait d'en faire le dosage, après inversion, sur un très petit volume : trois centimètres cubes, ou cinq centimètres cubes dans le cas des racines peu riches.

Pour l'inversion, la prise d'essai, étendue à 20 cm³ et additionnée d'acide chlorhydrique de manière à rendre le milieu normal au vingtième, était maintenue dix minutes au bain-marie bouillant. Le milieu étant tamponné, nous nous sommes assuré, dans les cas les plus divers, que ni une plus forte proportion d'acide ni un chauffage plus prolongé ne libéraient une plus grande quantité de sucre réducteur. D'autre part, le lévulose n'est pas altéré dans ces conditions, comme le prouve la parfaite limpidité des solutions hydrolysées.

Quant au dosage, il était fait par réduction, en se plaçant toujours dans les conditions exigées par le procédé et les tables de Bertrand. Cependant, dans quelques rares analyses de très jeunes racines, la quantité de sucre mise en jeu fut inférieure au centigramme. Dans ce cas, la méthode n'est plus qu'approximative (Ambard [1]); mais les erreurs commises ne sont pas tellement considérables, comme le prouve le tableau suivant établi empiriquement :

mg. de sucre introduits	mg. de sucre trouvés
20	21
10	11
8	7
5	4,5
3	3

Tous les résultats seront exprimés en sucre interverti.

On a pu remarquer que la méthode indiquée pour le dosage du sucre total ne comportait pas la défécation préalable des liqueurs employées. Les impuretés susceptibles d'agir sur la liqueur de Fehling risquent-elles d'introduire une erreur appréciable ? Nous nous sommes assuré que cette éventualité n'était pas à craindre, en vérifiant notre méthode, soit par des dosages polarimétriques effectués sur la liqueur déféquée par l'acétate neutre de plomb, soit par des dosages de Bertrand effectués sur la liqueur déféquée par le même réactif et débarrassée de plomb par un courant d'hydrogène sulfuré.

LA MATIÈRE SÈCHE.

Vingt grammes de substance fraîche, découpée en très petites cossettes et placée dans des capsules largement ouvertes, étaient laissés

à l'étuve à 105°-108°, pendant huit heures. Nous avons constaté bien des fois que ce laps de temps était largement suffisant pour assurer la constance en poids du résidu sec.

L'AZOTE TOTAL.

La méthode de dosage employée fut celle de Kjeldahl, modifiée cependant pour atteindre à la fois l'azote organique et l'azote minéral.

Bien que la méthode ordinaire de Kjeldahl ne donne pas toujours des résultats absolument exacts avec certaines matières organiques azotées, comme le rappelle le mémoire de Mestrezat et Janet [56], sa précision est suffisante lorsqu'il s'agit de déterminer globalement l'azote organique des substances végétales et sa rapidité la fait employer par l'ensemble des biologistes de préférence à la méthode de Dumas. Mais pour atteindre d'une façon certaine l'azote nitrique en même temps que l'azote organique, il faut la modifier. Parmi les diverses modifications proposées, nous avons adopté celle de Jodlbauer [40].

Le principe en est simple et repose sur la facile nitration de l'acide phénolsulfonique. En présence de nitrates et en milieu sulfurique, ce corps donne des dérivés nitrés du noyau benzénique, qui sont ensuite réduits par l'hydrogène naissant et transformés en aminophénols. L'azote minéral se trouve ainsi amené à l'état organique. On décompose alors l'ensemble des composés organiques azotés par l'acide sulfurique bouillant en présence de mercure et de sulfate de cuivre comme adjuvants. L'azote est transformé en ammoniacque qu'il suffit de doser.

Mode opératoire.

Sur la matière sèche correspondant à 5 grammes de pulpe fraîche pulvérisée et placée dans un ballon à long col, on verse 30 cm³ d'acide sulfurique pur et 5 cm³ d'acide phénolsulfonique. On laisse macérer à froid pendant 2 heures, puis on ajoute par petites portions de la poudre de zinc. Après 6 heures de contact, on additionne le tout de 10 cm³ d'acide sulfurique pur, d'une goutte de mercure (grosse comme un grain de chènevis) et d'un petit cristal de sulfate de cuivre. On chauffe d'abord très doucement, puis à l'ébullition. Lorsque le liquide s'est décoloré ou n'offre plus qu'une coloration jaune très pâle, on laisse refroidir et on ajoute brusquement 60 ou 80 cm³ d'eau, de manière à redissoudre complètement les cristaux de sulfate ammoniaco-mercurique qui se sont formés. La solution est versée dans un ballon de 500 cm³. On lui ajoute un peu de zinc en poudre, de l'hypophosphite de sodium et de la soude jusqu'à réaction franchement alcaline. On distille. Un tube de Vigreux retient les particules de soude qui pourraient être entraînées. Les vapeurs ammoniacales, condensées dans un réfrigérant descendant, sont dosées par l'acide sulfurique décimal, en présence de méthylorange. De la quantité d'acide neutralisée on déduit facilement la teneur en azote de la prise d'essai, chaque centimètre cube d'acide décimal correspondant à 0,0014 gramme d'azote.

Afin de vérifier l'exactitude de cette méthode dans des conditions analogues à celles des dosages effectués sur la matière sèche de la betterave, nous avons fait chacun des essais suivants en présence de 0,75 g. de saccharose.

Azote introduit en mg.			Azote trouvé en mg.	Erreur pour 100 d'azote
à l'état de glyocolle	à l'état nitrique	Total		
7	2,3	9,3	9,2	— 1,0
14	4,2	18,2	17,9	— 1,6
14	7,0	21,0	20,9	— 0,4

L'AZOTE ORGANIQUE.

Chacun sait que, impropre au dosage de l'azote nitrique, la méthode ordinaire de Kjeldahl est aussi inapplicable au dosage de l'azote organique, si l'on se trouve en présence de nitrates. C'était le cas de nos analyses.

Le sucre constituant une fraction importante de la matière sèche de la betterave, les quatre cinquièmes chez les sucrières typiques, nous pouvions facilement fabriquer un milieu analogue à celui où nous aurions à doser l'azote organique et rechercher les erreurs introduites par des doses variées d'azote nitrique. Le tableau ci-joint résume les essais que nous avons réalisés dans ce sens. La matière organique était détruite par 10 cm³ d'acide sulfurique avec une goutte de mercure comme adjuvant. Le sulfate ammoniaco-mercurique qui prend naissance était réduit par l'hypophosphite de sodium.

No des essais	MIS EN EXPÉRIENCE			Rapport de l'azote nitrique à l'azote organique	mg. d'azote trouvés par le procédé " Kjeldahl "	Erreur pour 100 sur l'azote organique
	mg. de saccharose	mg. d'azote nitrique sous forme de	mg. d'azote organique sous forme de glyocolle			
1	0	0	14	0	13,88	— 0,8
2	0	N O ³ K 2,8	14	1/5	12,18	— 13,0
3	0	» 3,5	14	1/4	12,32	— 12,0
4	0	» 2,3	7	1/3	5,88	— 16,0
5	0	» 7,0	14	1/2	9,52	— 32,0
6	250	N O ³ K 2,8	14	1/5	14,56	+ 4,0
7	500	» 3,5	14	1/4	15,12	+ 8,0
8	500	» 4,6	14	1/3	14,84	+ 6,0
9	500	N O ³ H 2,8	14	1/5	14,42	+ 3,0
10	500	» 3,5	14	1/4	14,98	+ 7,0
11	500	» 4,6	14	1/3	15,96	+ 14,0
12	500	» 2,3	7	1/3	8,40	+ 20,0
13	1000	» 2,3	7	1/3	8,12	+ 16,0
14	500	» 7	14	1/2	16,50	+ 17,8
15	200	» 1,4	2,8	1/2	3,50	+ 25,0
16	500	» 2,8	0	—	2,12	—
17	300	N O ³ K 2,8	14	1/5	13,86	— 1,0
18	500	(+ Fe Cl ²) 4,6	14	1/3	13,92	— 0,5
19	1000	» 7,0	14	1 2	14,14	+ 1,0
20	250	» 0	14	0	13,86	— 1,0

Les résultats suggèrent les remarques suivantes :

1° Les **essais 1 à 5**, effectués **en l'absence de saccharose** sur le glycolle additionné de nitrate de potassium, montrent qu'une fraction importante de l'azote organique est perdue, entraînée sous forme de produits gazeux pendant le chauffage. Récemment, Cambier et Leroux [13] ont décrit un procédé pour éliminer l'azote nitrique des milieux organiques : distillation de l'acide azotique sous pression très réduite, et à basse température. A cette occasion, ils indiquent les erreurs commises dans les dosages de Kjeldahl effectués en présence de nitrates : leurs chiffres semblent généralement inférieurs à ceux qui figurent ici.

2° **En présence de saccharose, essais 6 à 8**, l'erreur sur l'azote organique est bien plus faible; elle est sensiblement la même lorsque l'azote minéral est introduit sous forme d'acide nitrique, **essais 9 à 15**, et c'est une erreur par excès. Il est vraisemblable qu'une partie de l'acide nitrique libre ou libéré par l'acide sulfurique réagit sur les produits de décomposition du saccharose et, placée dans un milieu réducteur, se trouve entraînée dans le dosage de l'azote organique. L'**essai 16**, réalisé sur de l'azote nitrique sans azote organique, confirme cette manière de voir; on retrouve au dosage les trois quarts de l'azote nitrique mis en expérience. En présence de glycolle, l'erreur par excès correspond à un entraînement de l'azote nitrique qui paraît moindre, si l'on suppose que tout l'azote organique est entré en réaction, environ un septième dans l'essai 9, un cinquième dans les essais 6 et 8, un quart dans l'essai 10, un tiers dans les essais 7 et 14, un demi dans les essais 11, 12, 13 et 15.

Il va sans dire que ces recherches, simples préliminaires à nos expériences, ne sont données qu'à titre indicatif. Il y aurait sans doute intérêt à les approfondir.

3° Dans les **essais 17, 18 et 19**, avant de mettre en œuvre le **procédé Kjeldahl**, on a ajouté au mélange 2 cm³ de **chlorure ferreux**, 2 cm³ d'acide chlorhydrique et on a fait bouillir. Cette méthode classique permet d'éliminer les nitrates. Le résultat du dosage devient aussi exact que s'il s'agissait d'une analyse portant sur du glycolle pur (voir essais 1 et 20).

On peut dire pour conclure que, en effectuant directement le dosage de Kjeldahl sur la matière sèche des betteraves fourragères, on commettrait une erreur comprise en 5 et 10 %, car le rapport de l'azote nitrique à l'azote organique y atteint en moyenne un quart; l'erreur serait bien plus faible dans le cas des hybrides et des sucrières, puisque le rapport de l'azote nitrique à l'azote organique y vaut respectivement un dixième et un vingtième environ. Les substances végétales complexes qui existent dans la matière sèche peuvent d'ailleurs imprimer à ces erreurs une irrégularité que nous n'avons pas constatée dans nos expériences sur le glycolle en présence du seul saccharose. C'est pourquoi, il était indispensable d'éliminer préalablement l'azote nitrique par le chlorure ferreux.

L'AZOTE INSOLUBLE

Pour séparer l'azote insoluble de l'azote soluble, on broyait au mortier 10 grammes de substance fraîche, puis on les traitait pendant 10 minutes par 150 cm³ d'eau légèrement acétique, à l'ébullition. Le tout était jeté

sur un filtre et lavé plusieurs fois à l'eau froide. Sur le résidu, qui ne contenait plus que l'azote des protéines coagulables, on faisait un dosage par la méthode ordinaire de Kjeldahl.

La solution obtenue renferme l'azote soluble, amines, acides aminés, amides, nitrates, et semble prête pour d'autres déterminations, en particulier pour celle de l'azote amidé par la méthode classique : hydrolyse acide des amides, puis déplacement et titrage de l'ammoniaque formé. Mais la solution renferme aussi le saccharose, ce qui ne va pas sans introduire de fortes causes d'erreur. Car l'hydrolyse acide des amides entraîne nécessairement l'inversion du saccharose et même une certaine dégradation du lévulose produit.

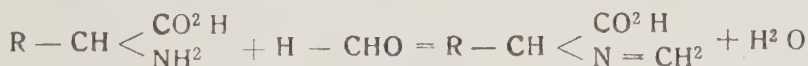
Or on sait de longue date que le gaz ammoniac donne avec les solutions bouillantes de glucose des produits bruns, formés, comme l'a montré Thénard [89], de matières azotées complexes, qui n'abandonnent leur azote qu'au rouge en présence de chaux sodée. Deux de ces produits, les glycosines $C^{12}H^8N^2$ et $C^{14}H^{10}N^2$ ont été étudiées par Tanret [88].

Le lévulose en solution n'absorbe pas moins le gaz ammoniac. D'après Ripp [73], il se forme, entre autres produits, un composé $C^{12}H^{21}O^6N$, qui semble résulter de la fixation d'une molécule de gaz ammoniac par le caramélane de Gélis [29]. Bien plus, certains produits de décomposition du lévulose retiennent le gaz ammoniac dès la température ordinaire, si bien que la distillation sous pression réduite, ne suffit pas elle-même à éviter de sérieuses pertes d'azote, du moins si l'on se trouve en présence d'une forte proportion de sucre, comme l'ont établi Baerts et Delvaux [6 et 6bis].

La difficulté d'échapper à ces causes d'erreurs (il faut pour cela séparer les amides du sucre en les précipitant par le carbonate de mercure, méthode mise au point par Vondrak [100], pour l'analyse des jus de sucrerie), nous a décidé à étudier l'azote soluble, non sous sa forme amidée, mais sous sa forme aminée.

L'AZOTE AMINÉ.

Le formaldéhyde réagit sur les acides aminés en bloquant le groupement aminé :



Le dérivé méthylénique obtenu se comporte comme un acide énergique et peut être titré par un dosage acidimétrique en présence de phénolphthaleïne [Sørensen, 83].

Les groupements aminés des polypeptides et de certains dérivés protéiques plus compliqués se comportent de même, si bien que cette méthode a été mise à profit pour étudier la constitution de certaines matières protéiques, investigations que résume le mémoire de Blanchetière [8].

Dans les composés possédant à la fois la fonction amine et la fonction amide, la formol-titration n'atteint évidemment qu'un seul atome d'azote. Nous nous en sommes assuré pour l'asparagine $CO^2H-CH(NH^2)-CH^2-CO-NH^2$, qui est un des principaux constituants azotés du suc de betterave.

Mais ce suc renferme aussi un peu d'azote ammoniacal. Or, le formaldéhyde réagit sur les sels ammoniacaux :



Il y a formation d'hexaméthylène-tétramine, qui est alcaline, mais sans action sur la phénolphtaléine. Par conséquent, l'acide libéré dans la réaction se trouve dosé en même temps que les acides aminés.

En opérant dans les conditions que nous allons dire, nous avons donc dosé un complexe, mais dans lequel l'azote aminé figure pour une telle part qu'il nous a servi à désigner ce dosage.

Bien que prépondérant, il n'existe cependant lui-même qu'en petites quantités dans la pulpe de betterave et nous devons d'abord chercher quelle pouvait être l'exactitude de la méthode pour ces petites doses. Nous savions que Clémenti [16] avait utilisé pour des titrages analogues des liqueurs alcalines N/50 et N/100. Nous avons adopté la soude N/50. Le volume de la solution à titrer fut toujours amené à 40 cm³. On versait d'abord dans cette solution additionnée de phtaléine la quantité de soude N/50 juste nécessaire pour lui communiquer une teinte rose très pâle, ce qui correspond à un pH légèrement supérieur à 8. Après addition de formol préalablement « neutralisé » à la phtaléine, on dosait l'acidité développée, non pas jusqu'à simple retour de la teinte rose, mais jusqu'à virage au rouge franc, pH voisin de 9. Un témoin approprié permettait d'arrêter le dosage à des teintes aussi voisines que possible. Nous suivions en cela les indications de Sørensen lui-même et celles de Mestrezat [55]. Une étude récente de Cuny [24] a confirmé la valeur pratique de ces indications et soigneusement analysé les causes d'erreur en comparant les résultats que donnent la phtaléine et le bleu de bromo-thymol.

Le tableau suivant indique les erreurs possibles lorsqu'on applique cette technique au dosage de faibles quantités de glycolle.

mg. de glycolle mis en expérience	mg. de glycolle trouvés	Erreur pour 100 de glycolle
7,5	7,30	— 2,5
7,5	7,10	— 5,0
10,0	10,12	+ 1,2
15,0	15,10	+ 0,6

Des essais effectués sur des mélanges de glycolle et d'asparagine nous ont donné des résultats de même ordre, où toutes les erreurs étaient des erreurs par défaut.

Il restait à appliquer la méthode aux solutions obtenues avec 10 g. de pulpe de betterave finement broyée et diluée dans l'eau distillée légèrement tiède, jusqu'à volume total de 50 cm³.

Ces solutions renferment fréquemment des oxydases et prennent rapidement à l'air une teinte rose ou brune. Le virage de la phtaléine devient impossible à saisir. Il faut décolorer le liquide, selon le procédé indiqué par Sørensen et Jessen-Hansen [84], en l'additionnant de quelques centimètres cubes exactement mesurés de nitrate d'argent à 10 %, et

du même volume de chlorure de baryum au même titre. Le précipité fixe les matières colorantes. De plus, les proportions indiquées correspondent à un excès de chlorure de baryum. En même temps que l'argent, celui-ci précipite les petites quantités de carbonates et de phosphates que peut renfermer la solution et dont la présence rendrait le virage peu net. On procède alors à la formol-titration sur un volume exactement mesuré du liquide filtré. Les essais suivants, effectués sur des solutions de glycolle ayant subi ce traitement, prouvent que le dosage conserve la même exactitude. Il serait téméraire d'affirmer que le précipité argentique n'entraîne pas davantage certains dérivés aminés plus complexes, tels qu'on en peut rencontrer dans les sucres végétaux. Du moins tous nos dosages ont-ils été effectués dans les mêmes conditions et sont-ils comparables entre eux.

mg. de glycolle mis en expérience	mg. de glycolle trouvés	Erreur pour 100 de glycolle
3,8	3,82	+ 0,5
7,6	7,50	— 1,3
9,6	9,20	— 4,1

Nous avons enfin effectué quelques essais dans des conditions identiques à celles de nos expériences. Pour cela, le soluté complexe fourni par 10 grammes de pulpe de betterave est divisé en deux parties égales. Sur l'une, on détermine directement l'azote aminé et on l'exprime en glycolle, soit A. A l'autre on ajoute une quantité connue B de glycolle et l'on procède au dosage.

A en mg.	B en mg.	A + B calculé en mg.	A + B trouvé en mg.	Erreur pour 100 de glycolle
2,8	7,5	10,3	9,75	— 5,3
3,3	7,5	10,8	10,65	— 1,4
3,3	15,0	18,3	18,25	— 0,2

Nous ne nous dissimulons pas que les résultats A et A + B peuvent être entachés de la même erreur. Du moins ces expériences montrent-elles que l'erreur ne croît pas avec la quantité d'azote aminé renfermé dans la solution.

LES CENDRES ET LEUR ALCALINITÉ.

L'incinération d'un poids connu de matière sèche était faite à la plus basse température possible. Après pesée, les cendres étaient lavées plusieurs fois à l'eau distillée bouillante, environ 250 cm³ pour 0,25 gramme. Sur la solution filtrée, on dosait l'alcalinité soluble en présence de méthylorange.

Sur le résidu insoluble, on dosait par reste l'alcalinité insoluble en présence du même indicateur.

Par suite des modifications qui se produisent au cours de la calcination, ce double dosage ne renseigne pas exactement sur la forme des composés salins, tels qu'ils existent dans la plante, et ne donne, à fortiori, aucune indication sur la nature des combinaisons organo-minérales de la matière vivante. Du moins permet-il d'établir une relation entre les bases solubles et insolubles contenues dans la racine et ses autres caractères chimiques.

En présence de méthylorange, l'alcalinité soluble correspond : à la potasse et à la soude, libres ou carbonatées — aux phosphates alcalins bi ou trimétalliques, quand tout l'acide phosphorique n'est pas insolubilisé par la chaux et la magnésie.

En présence de méthylorange, l'alcalinité insoluble correspond à la somme de la chaux et de la magnésie présentes dans les cendres sous forme de carbonate ou de phosphate, à l'exception du contingent de ces bases qui salifie la première fonction acide de $\text{P O}^4 \text{H}^3$.

LES CHLORURES DES CENDRES.

Les chlorures des cendres étaient précipités par un excès d'azotate d'argent en milieu azotique, afin d'éviter la précipitation simultanée des carbonates et phosphates. L'excès d'argent était dosé, suivant la méthode classique, par une solution décimale de sulfocyanate de potassium, en présence d'alun de fer comme indicateur.

Nous avons souvent fait ce dosage sur la liqueur où nous avions antérieurement déterminé l'alcalinité soluble des cendres. La faible teinte rose, due au méthylorange, n'empêchait pas de voir nettement le virage du sel ferrique, comme on peut d'ailleurs facilement le vérifier sur des essais à blanc.

LA CHAUX ET LA MAGNÉSIE DES CENDRES.

Elimination de la silice.

Comme les silicates présents dans les cendres de betteraves peuvent être une cause d'erreur dans les dosages de la chaux et de la magnésie, nous les avons toujours éliminés au préalable.

Pour cela, les cendres étaient traitées par l'acide chlorhydrique au demi. Par évaporation lente au bain-marie, les silicates, sous l'action de l'acide, se décomposent et donnent de la silice hydratée qui se transforme par dessiccation à 100° en silice anhydre insoluble dans l'eau acidifiée. Il suffit alors de reprendre la masse par de l'eau tiède légèrement chlorhydrique pour entraîner les sels solubles sans toucher à la silice. On filtre.

Elimination du fer.

La présence de fer et d'aluminium dans les cendres végétales oblige à prendre une seconde précaution préliminaire; car, dans les conditions où se formera l'oxalate de calcium, ces métaux précipiteraient en même temps que la chaux à l'état de phosphate ou d'hydrate.

C'est pourquoi, le filtrat de l'opération précédente était additionné d'ammoniaque jusqu'à réaction alcaline : il se forme un précipité de phosphate de chaux et de phosphate de fer. Par addition d'acide acétique, le phosphate de chaux se trouve remis en solution. Le phosphate de fer qui reste en suspension n'adsorbe pas les sels dissous, si l'on prend soin d'agiter pendant une ou deux minutes [Canals, 14]. Une seconde filtration élimine le fer. On lave le filtre à l'eau acétique.

Dosage de la chaux.

Dans le filtrat qui contient en abondance des sels ammoniacaux (chlorure et acétate), on précipite la chaux à l'ébullition par 5 cm³ d'une solution d'oxalate d'ammoniaque au vingtième. On recueille le précipité immédiatement sur un filtre, on le lave abondamment à l'eau distillée bouillante jusqu'à ce que l'eau de lavage ne décolore plus à chaud deux ou trois gouttes d'une solution légèrement sulfurique de permanganate au millième. Reprenant les travaux de Murmann [62] et de Astruc [5], Canals [15] a montré que, dans ces conditions, l'oxalate de magnésie beaucoup plus soluble à chaud qu'à froid, surtout en présence de sels ammoniacaux, passe totalement dans le filtrat. L'oxalate de calcium reste seul sur le filtre.

Nous l'avons nous-même vérifié en effectuant les essais suivants : les trois premiers en présence de 10 milligrammes de magnésie, le dernier en présence de 30 milligrammes :

mg. de Ca O mis en expérience	mg. de Ca O trouvés
5,6	5,4
8,4	8,4
14,0	13,8
28,0	27,6

Les quantités de chaux mises en jeu dans nos expériences étant généralement assez faibles, nous dissolvions l'oxalate de chaux dans de l'acide sulfurique dilué au dixième et chaud. Puis nous dosions l'acide oxalique par une solution de permanganate à 0,316 gramme par litre. Cette méthode présente l'avantage d'une très grande sensibilité, comme le montrent bien les expériences précédentes.

Une molécule de chaux correspond à une molécule d'acide oxalique dont l'oxydation exige un atome d'oxygène. Un centimètre cube d'une solution de permanganate à $2 \times 10^{-3} \times (\text{Mn O}^4 \text{ K})$ ou 0,316 gramme par litre fournit 5×10^{-6} atome d'oxygène et correspond à 5×10^{-6} molécule de chaux, soit à 0,00028 gramme.

Dosage de la magnésie.

Nous avons dit que le filtrat de l'opération précédente renferme toute la magnésie; on l'additionne de 5 gouttes d'acide chlorhydrique concentré pour éviter la précipitation d'oxalate de magnésie, et on l'évapore pour réduire le volume à 25 cm³ environ. On ajoute alors quelques centimètres

cubes de chlorure d'ammonium au dixième, de l'ammoniaque jusqu'à alcalinité, et 5 cm³ de phosphate disodique au quinzième. On agite et on laisse douze heures au frais.

Comme les quantités de magnésie étaient ordinairement assez faibles, le précipité de phosphate ammoniaco-magnésien était séparé par filtration, lavé plusieurs fois avec de l'ammoniaque au dixième et finalement dissous dans de l'acide azotique au dixième, en vue d'un dosage volumétrique par la méthode classique à l'urane, en milieu acétique. Pour indiquer la fin de la réaction, on employait à la fois la teinture de cochenille et le procédé à la touche au ferro-cyanure de potassium.

Une molécule, ou 40 grammes de magnésie, correspond à une molécule de phosphate ammoniaco-magnésien $\text{P O}^4 \text{Mg NH}^4$, qui correspond elle-même à une molécule d'acide phosphorique $\text{P O}^4 \text{H}^3$ et, par conséquent, à une demi-molécule ou 71 grammes de $\text{P}^2 \text{O}^5$.

D'autre part, un centimètre cube de la solution d'azotate d'urane de Joulie précipite 0,005 gramme de $\text{P}^2 \text{O}^5$, et correspond donc à $\frac{40}{71} \times 0,005$ ou 0,002816 gramme de magnésie.

CHAPITRE DEUXIÈME

HYBRIDES DE FOURRAGÈRES ET DE SUCRIÈRES

PREMIÈRE GÉNÉRATION

Chaque année, depuis 1927, nous avons tenté un certain nombre d'hybridations réalisées par le procédé que nous avons décrit. Les graines obtenues étaient recueillies à maturité et semées au printemps suivant.

Pour la raison exposée dans l'introduction, la fourragère choisie fut la betterave jaune de Vauriac, sauf en 1931, où nous avons utilisé une géante rose. Les sucrières furent toujours des Vilmorin A ou B; la seconde diffère surtout de la première par sa forme un peu moins longue et son caractère plus rustique.

Provenant de graines Vilmorin, les diverses betteraves employées comme parents représentaient des variétés stabilisées quant à leurs principaux caractères, autant que peuvent l'être des betteraves. Le tableau suivant indique leur richesse en sucre.

Années	Sucre % de pulpe fraîche				
	1927	1928	1929	1930	1931
Vauriacs	6,00	5,77	7,20	3,10	—
Géante rose	—	—	—	—	7,10
Sucrières A	19,00	17,95	18,58	16,20	16,85
Sucrières B	—	—	17,30	15,10	—

Les hybridations furent toujours tentées en nombre à peu près égal dans chaque sens. Cependant les analyses de 1930 et 1932 ne comportent aucun résultat au sujet des hybrides fourragère × sucrière, ce croisement n'ayant pas réussi. Nous n'avons pas eu à enregistrer cet insuccès dans l'hybridation en sens inverse.

La comptabilité de chaque racine fut toujours tenue à part, comme on peut s'en rendre compte d'après les tableaux suivants qui résument les résultats de 1931 donnés ici à titre d'exemple. La documentation complète concernant les analyses de 1928, 1929, 1930 et 1932 a été reportée à la fin de ce travail, afin de ne pas trop alourdir notre exposé (voir Appendice, page 63). On voudra bien la consulter pour avoir la justification des moyennes sur lesquelles nous allons nous appuyer pour étudier le comportement des hybrides. Nous signalerons d'ailleurs au passage quelques résultats dont le détail n'a pu trouver place dans les tableaux généraux déjà très chargés.

ANNÉE 1931	Date de l'analyse	Anneaux vasculaires	Poids des racines en grammes	Pour 100 grammes de pulpe fraîche							Pour 100 g. de matière sèche				Pour 1 gramme de cendres		
				Sucre total en grammes	Matière sèche en grammes	Azote organique en grammes	Azote insoluble en grammes	Cendres en grammes	Alcalinité des cendres		Sucre total en grammes	Azote organique en grammes	Azote insoluble en grammes	Cendres en grammes	soluble en cm ³ de soude N	Alcalinité insoluble en cm ³ de soude N	
I. FOURRAGÈRES																	
VAURIACS																	
N° 330	30 Septembre	3-4	650	4,57	8,90	—	—	1,10	13,2	2,2	51,34	—	—	12,35	12,0	2,2	
» 332	18 Octobre	3-4	580	5,62	8,00	—	—	1,25	9,5	4,0	70,25	—	—	15,62	7,6	3,2	
» 335	8 Novembre	3-4	565	7,87	11,90	0,148	0,033	1,05	13,3	3,2	66,12	1,24	0,27	8,80	12,1	3,0	
» 336	8 »	3	550	7,00	11,85	0,176	0,035	1,15	14,0	2,0	59,07	1,48	0,29	9,62	12,1	1,7	
» 356	17 »	3	750	6,62	9,85	0,196	0,037	1,30	14,0	1,6	67,20	1,98	0,37	13,19	10,8	1,2	
» 357	17 »	4	500	—	11,00	—	—	1,17	13,0	3,0	—	—	—	9,72	12,1	2,5	
Moyennes	—	3,5	599	6,33	10,25	0,173	0,035	1,17	12,8	2,6	62,79	1,56	0,31	11,55	11,1	2,3	
II. SUCRIÈRES																	
VILMORIN A																	
N° 331	30 Septembre	4-5	680	14,70	20,30	—	—	0,65	6,9	4,2	72,42	—	—	3,20	10,6	6,5	
» 333	18 Octobre	5-6	510	19,50	23,50	—	—	0,45	2,9	5,0	82,97	—	—	1,91	6,4	11,1	
» 337	8 Novembre	5	490	19,17	26,20	0,224	0,067	0,60	4,5	4,5	73,16	0,85	0,25	2,29	7,5	7,5	
» 338	8 »	5	375	17,62	26,35	0,238	0,072	0,40	—	4,5	66,86	0,90	0,27	1,51	—	11,3	
» 354	17 »	5	350	—	22,75	—	—	0,50	2,4	3,5	—	—	—	2,19	4,8	7,0	
» 355	17 »	5	470	19,35	24,65	0,144	0,064	0,40	2,5	3,5	78,49	0,58	0,25	1,62	6,2	8,7	
Moyennes	—	5	476	18,06	23,82	0,202	0,067	0,50	3,8	4,2	74,78	0,77	0,26	2,12	7,1	8,7	

ANNEE 1931	Coloration			Date de l'analyse	Pour 100 grammes de pulpe fraîche										Pour 100 g. matière sèche				Pour 1 g. de cendres	
	pétioles	racine	chair		Anneaux vasculaires	Poids des racines en grammes	Sucre total en grammes		Matière sèche en grammes	Azote organique en grammes	Azote insoluble en grammes	Cendres en grammes	Alcalinité des cendres		Azote organique en grammes	Azote insoluble en grammes	Cendres en grammes	Alcalinité		
							soluble en cm ³ de soude N	insoluble en cm ³ de soude N					soluble en cm ³ de soude N	insoluble en cm ³ de soude N						
III. HYBRIDES																				
SUCRIÈRE A																				
X VAURIAC																				
N° 339	verts	jaune	blanche	3-4	675	13,85	19,50	—	—	0,55	8,3	4,0	71,02	—	2,82	15,0	7,2			
» 340	»	j. rouge	rosée	4	445	14,10	20,30	—	—	0,32	4,0	5,0	69,45	—	1,57	12,5	15,6			
» 341	»	jaune	blanche	6-7	570	16,90	20,90	0,157	0,056	0,75	5,6	3,6	80,86	0,75	3,58	7,4	4,8			
» 342	»	j -rouge	rosée	4-5	265	13,15	21,20	0,156	0,063	0,72	5,1	3,7	62,02	0,73	3,39	7,0	5,2			
» 343	»	»	blanche	5	850	16,13	19,40	0,169	0,049	0,38	5,0	3,1	83,14	0,87	1,95	13,1	8,1			
» 344	»	»	»	4-5	500	16,30	19,00	—	0,052	0,80	9,5	3,5	85,78	0,27	4,21	11,8	4,3			
» 345	»	»	rosée	4-5	305	18,15	20,25	0,201	0,048	0,35	4,5	3,5	89,62	0,98	1,72	12,8	10,0			
Moyennes	—	—	—	4,6	515	15,51	20,07	0,170	0,053	0,55	6,0	3,7	77,41	0,84	2,75	11,4	7,9			
IV. HYBRIDES																				
VAURIAC																				
X SUCRIÈRE A																				
N° 346	verts	jaune	blanche	5	960	17,45	20,00	0,168	0,069	0,72	8,5	3,3	87,25	0,84	3,6	11,8	4,6			
» 347	»	j.-rouge	»	5-6	390	14,93	18,25	0,170	0,060	0,55	6,8	3,2	79,20	0,90	2,91	12,3	5,7			
» 348	»	»	»	4-5	400	16,35	21,05	0,173	0,057	0,50	5,7	3,5	77,67	0,83	2,37	11,5	7,0			
» 349	»	jaune	»	4	790	15,91	20,85	—	—	0,40	2,5	3,8	76,25	—	1,91	6,2	9,6			
» 350	»	j.-rouge	rosée	3-4	485	17,10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
» 351	»	»	blanche	5	490	14,20	19,80	0,202	0,060	0,52	7,0	3,2	71,71	1,02	2,62	13,4	6,1			
» 352	»	jaune	»	4	570	16,62	19,65	0,172	0,063	0,53	8,0	3,7	84,58	0,87	2,69	15,0	6,8			
» 353	»	»	»	5	625	14,58	20,50	0,196	0,063	0,55	8,0	4,0	71,12	0,95	2,68	14,5	7,2			
Moyennes	—	—	—	4,6	590	15,89	20,10	0,180	0,062	0,58	6,6	3,5	78,25	0,90	2,68	12,1	6,6			

ANNÉE 1931	Date de l'analyse	Coloration			Anneaux vasculaires	Poids des racines en grammes	Pour 100 grammes de pulpe fraîche								Pour 100 g. de mat. sèche				Pour 1 g. de cendres		
		pétiotes	racine	chair			Sucre total en grammes	Matière sèche en grammes	Azote organique en grammes	Azote insoluble en grammes	Cendres en grammes	soluble en cm ³ de soude N	insoluble en cm ³ de soude N	Alcalinité des cendres	Sucre total en grammes	Azote organique en grammes	Azote insoluble en grammes	Cendres en grammes	Alcalinité	soluble en cm ³ de soude N	insoluble en cm ³ de soude N
V. SUCRIÈRES																					
VILMORIN B.																					
No 358		22 Nov.	verts	blanche	4-5	245	—	24,00	0,330	0,077	0,60	4,5	4,7	—	1,37	0,32	2,50	7,5	7,8		
» 359		22 »	»	»	5-6	315	16,30	23,75	0,238	0,080	0,45	4,7	4,4	68,62	1,90	0,33	1,89	10,5	9,9		
Moyennes		—	—	—	5	280	16,30	23,87	0,284	0,078	0,52	4,6	4,5	68,62	1,17	0,32	2,19	9,0	8,8		
VI. HYBRIDES																					
SUCRIÈRE B																					
× VAURIAC																					
No 360		22 Nov.	verts	jaune	4-5	185	19,38	22,05	—	—	0,30	3,0	4,0	87,89	—	—	1,36	10,0	13,3		
» 361		22 »	»	blanche	5-6	365	16,90	20,00	0,209	0,075	0,45	4,4	4,2	84,50	1,045	0,375	2,25	9,7	9,4		
» 362		22 »	»	j.-rouge	5-6	910	17,00	20,15	0,204	0,067	0,50	6,8	4,2	84,36	1,010	0,330	2,48	13,7	8,0		
Moyennes		—	—	—	5,3	486	17,76	20,73	0,206	0,071	0,41	4,7	4,1	85,58	1,027	0,352	2,03	11,1	10,2		
VII. HYBRIDES																					
VAURIAC																					
× SUCRIÈRE B																					
N° 363		22 Nov.	verts	blanche	4-5	145	16,92	20,90	—	0,068	0,35	2,6	4,5	80,95	—	0,321	1,67	7,2	12,8		
» 364		22 »	»	jaune	3-4	250	16,15	21,80	—	0,065	0,40	2,1	3,9	74,08	—	0,290	1,83	5,2	9,8		
Moyennes		—	—	—	4	197	16,53	21,35	—	0,066	0,37	2,3	4,2	77,51	—	0,305	1,75	6,2	11,3		

LES CARACTÈRES VÉGÉTATIFS

Les betteraves cultivées comme témoins se présentaient sous leur forme typique bien connue. Notre étude étant essentiellement d'ordre chimique, nous n'avons pas noté les caractères secondaires qui peuvent varier d'une racine à l'autre, même dans les races les mieux fixées. Pour la même raison, les caractères végétatifs des hybrides ont été indiqués très sommairement; nous nous sommes contenté de quelques traits indispensables pour donner à chaque racine une certaine individualité : coloration des pétioles, des racines et de leur chair.

En ce qui concerne la **coloration** des racines, nous insistons seulement sur ce fait que la couleur ne s'est pas toujours montrée dominante, même dans le croisement Vauriac $\times$ sucrière. C'est ainsi que les hybrides n° 50 (1928, tabl. IV, p. 64), n°s 361 et 363 (1931, tabl. VI, VII, p. 26) et tous les hybrides de 1929 (tabl. III et IV, p. 67) étaient blancs, il est vrai que la Vauriac ne renferme pas de pigment rouge, mais seulement un pigment jaune.

Nous nous sommes déjà expliqué au chapitre précédent (p. 10) sur le **poids** relativement faible des racines obtenues. On remarquera facilement que le poids moyen des hybrides est généralement supérieur à celui des sucrières pures.

A l'air, la pulpe de certaines racines gardait indéfiniment sa couleur naturelle. Dans d'autres cas, se développaient plus ou moins rapidement des teintes noires précédées ou non de teintes roses. Comme il fallait bien nous limiter, nous n'avons pas signalé ces réactions dues à des oxydases.

Mais il est un caractère végétatif que nous avons toujours noté avec le plus grand soin: la **vascularisation**. Le tableau suivant résume les résultats consignés en détail dans les tableaux généraux de chaque année. Chaque chiffre indique le nombre moyen d'anneaux vasculaires facilement discernables à l'œil nu.

Années	1928	1929	1930	1931	1932
Vauriacs	27	3,8	3,6	3,5	—
Géantes roses	—	—	—	—	3,0
Sucrières A	4,8	6,0	5,3	5,0	4,8
Sucrières B	—	—	4,5	5,0	—
Moyenne 1/2 (V + A) . .	3,75	4,9	4,45	4,25	—
Hybrides A $\times$ V	4,6	5,5	4,7	4,6	—
Hybrides V $\times$ A	4,0	6,0	—	4,6	—
Moyenne 1/2 (V + B) . .	—	—	4,05	4,25	—
Hybrides B $\times$ V	—	—	5,00	5,3	—
Hybrides V $\times$ B	—	—	—	4,0	—
Moyenne 1/2 (G + A) . .	—	—	—	—	3,9
Hybrides A $\times$ G	—	—	—	—	4,2

Sauf dans un cas, celui des hybrides V $\times$ B 1931, le nombre des anneaux des hybrides est toujours nettement supérieur à la moyenne des fourragères et des sucrières. Il lui arrive même d'être égal ou supérieur à celui des sucrières (V $\times$ A 1929, B $\times$ V 1930 et 1931).

LE SUCRE RÉDUCTEUR

Nous n'avons effectué le dosage du sucre réducteur qu'en 1928 et 1929. Le pourcentage était très faible dans tous les cas, et les chiffres obtenus pour les témoins et les hybrides si voisins les uns des autres que nous ne les avons pas fait figurer dans les tableaux, car ils ne permettent aucune conclusion ferme. L'étude comparative d'autres caractères présentant une bien plus grande netteté, nous n'avons pas poursuivi ces dosages. Dans la suite, nous nous sommes borné à vérifier par un essai approximatif que la proportion de réducteur renfermé dans les racines analysées restait inférieure à 0,40 %.

Il n'est d'ailleurs pas exact, ainsi que l'a montré H. Colin [18], qu'en toutes circonstances les betteraves fourragères renferment notablement plus de sucre réducteur que les sucrières. Cela se voit surtout quand elles prennent un développement considérable et présentent des parenchymes énormes, ce qui était loin d'être notre cas (1).

LE SUCRE TOTAL.

RÉSUMÉ DES RÉSULTATS

Années	pour 100 poids frais					pour 100 poids sec			
	1928	1929	1930	1931	1932	1929	1930	1931	1932
Vauriacs	7,44	7,93	5,37	6,33	—	64,98	58,38	62,79	—
Géantes roses	—	—	—	—	7,71	—	—	—	69,27
Sucrières A	17,31	18,52	16,37	18,06	16,85	78,84	74,66	74,78	75,63
Sucrières B	—	—	16,42	16,30	—	—	75,57	68,62	—
Moyenne 1/2 (V + A) .	12,35	13,22	10,87	12,19	—	71,91	66,52	68,78	—
Hybrides A × V	14,32	16,32	12,44	15,51	—	74,99	69,52	77,41	—
Hybrides V × A	15,56	18,27	—	15,89	—	81,49	—	78,25	—
Moyenne 1/2 (V + B) .	—	—	10,84	11,31	—	—	66,97	65,70	—
Hybrides B × V	—	—	14,66	17,76	—	—	77,84	85,58	—
Hybrides V × B	—	—	—	16,53	—	—	—	77,51	—
Moyenne 1/2 (G + A) .	—	—	—	—	12,28	—	—	—	72,45
Hybrides A × G	—	—	—	—	13,38	—	—	—	77,17

Ces chiffres suggèrent les conclusions suivantes :

1° Que l'on considère les résultats rapportés au poids frais ou au poids sec, la richesse saccharine des hybrides dépasse toujours la moyenne des richesses des témoins, parfois d'assez peu (A × G 1932, poids frais), souvent de beaucoup (V × A 1928, 1929, 1931; B × V 1930); il lui arrive même de dépasser la richesse des sucrières pures (B × V et V × B 1931).

Le caractère sucre s'affirme donc plus ou moins nettement, mais dans tous les cas. On peut dire que ce caractère soumis à des fluctuations même chez les races pures est chez les hybrides relativement dominant : telle

(1) On sait que le pH des parenchymes est inférieur à celui des régions vascularisées, donc plus favorable à une certaine hydrolyse du saccharose.

est la première conclusion imposée par des expériences d'hybridation conduites durant 5 ans selon la même rigoureuse méthode.

2° Si l'on compare la **teneur en sucre des hybrides à celle de leurs parents** (voir tableau, p. 23), on remarquera que celle-là semble assez **indépendante** de celle-ci. La descendance ($A \times V$ et $V \times A$ 1928) de la sucrière la plus riche (19 p. 100) que nous ayons employée comme parent (A 1927) est loin d'être la plus riche en sucre. La comparaison des hybrides $A \times V$ et $V \times A$ 1931, d'une part, et $B \times V$ et $V \times B$ 1931, d'autre part, est plus instructive encore, car toutes ces racines se sont développées exactement dans les mêmes conditions atmosphériques. Or, les plus riches descendent d'une sucrière B moins riche que la sucrière A employée comme parent en 1930. On peut enfin remarquer que, cette même année, la faible teneur en sucre (3,1, p. 100) de la Vauriac n'a pas diminué la richesse saccharine des hybrides qu'elle a fournis et qui furent analysés en 1931.

3° Si l'on compare entre eux les hybrides $A \times V$ et $V \times A$ de 1928, 1929 et 1931, on note que les **hybrides $V \times A$ sont toujours plus riches que les hybrides $A \times V$** de la même année.

Or, chaque année, ces deux séries d'hybrides provenaient des mêmes parents et se trouvaient exactement dans les mêmes conditions de développement. Il semble donc qu'il n'y a pas exacte réciprocité entre les deux croisements (1). Rappelons à ce propos que nous n'avons rencontré d'insuccès dans l'hybridation que dans le sens $V \times A$.

Les résultats concernant les hybrides $V \times B$ et $B \times V$ sont trop peu nombreux pour que leur comparaison soit possible.

4° Si l'on compare les chiffres du sucre total et ceux de la vascularisation, on peut affirmer que, en première génération, il y a un **parallélisme très net entre la richesse saccharine et le nombre d'anneaux vasculaires**.

Il serait évidemment chimérique de vouloir établir entre ces deux caractères une proportionnalité parfaite que l'on ne rencontre même pas dans les races pures, à cause des inévitables fluctuations. C'est ainsi que, malgré leur structure peu serrée, les hybrides $B \times V$ 1931 renferment 16,53 de sucre. On peut toutefois noter que les racines les plus vascularisées ($V \times A$ 1929 et $B \times V$ 1931) se trouvent être aussi les plus riches.

LA RICHESSE SACCHARINE ET LA STRUCTURE DES JEUNES RACINES.

On sait que les betteraves s'affirment de très bonne heure par leur teneur en sucre comme fourragères ou comme sucrières (voir H. Colin, [18]). Il n'était pas sans intérêt de rechercher quel était, de ce point de vue, le comportement des jeunes racines hybrides.

En 1929, nous avons effectué de nombreuses analyses de racines de fourragères et de sucrières dont le poids variait de 1 décigramme à 1,5 gramme. Ces dosages nous ont montré que la différence de richesse saccharine est déjà très accentuée pour des racines d'un poids moyen de 5 décigrammes.

(1) Blaringhem, Bridel et M^{lle} Bourdouil [10] ont récemment signalé un fait analogue chez certains pois : les graines hybrides diffèrent selon le sens du croisement.

Mettant à profit cette observation, nous avons les années suivantes analysé des hybrides et des témoins. Les moyennes des résultats sont consignées dans le tableau suivant :

Années	Poids moyen des racines en centigrammes			Sucre total % de pulpe fraîche		
	1930	1931	1932	1930	1931	1932
Vauriacs	55	70	—	2,0	1,5	—
Géantes roses	—	—	65	—	—	2,5
Sucrières A	50	56	65	5,6	4,3	6,0
Sucrières B	85	47	—	7,9	3,5	—
Hybrides A × V	75	75	—	3,5	4,0	—
Hybrides V × A	—	50	—	—	3,0	—
Hybrides B × V	60	100	—	4,5	3,3	—
Hybrides V × B	—	140	—	—	6,3	—
Hybrides A × G	—	—	85	—	—	6,1

Ces chiffres prouvent suffisamment que la richesse saccharine des hybrides s'affirme de très bonne heure.

Le graphique de la figure 1 met en évidence le même fait. Il représente les résultats trouvés pour quelques racines de poids compris entre 1 et 1,5 gramme. On a porté en abscisses le poids des racines, en ordonnées leur teneur en sucre. Chaque racine est représentée par le point du plan qui correspond à sa richesse et à son poids.

On peut conclure que les jeunes racines hybrides, comme les racines adultes, se rapprochent franchement des sucrières quant à leur teneur en sucre.

La richesse saccharine est-elle, dès le début, associée à une structure différente? Il ne le semble pas. Déjà, Geschwind [30] avait remarqué qu'il n'y a pas de différence anatomique entre une fourragère et une sucrière, au premier stade de leur développement. Toutes les coupes que nous avons faites de jeunes racines (témoins et hybrides) nous ont conduit à la même conclusion. C'est seulement au moment de l'apparition des formations tertiaires que les racines plus riches commencent à se distinguer nettement par leur plus grand nombre d'assises surnuméraires. La différenciation chimique est bien antérieure.

Y a-t-il entre les caractères chimiques des racines et leur cytologie des relations constantes? Reprenant les travaux de Matthysen [54] qui avaient fixé par erreur à 8 le nombre des chromosomes, Winge, van Heel, Kuzmina (voir l'ensemble de la question dans Prywer [70]) ont nettement établi que le nombre haploïde est 9 chez les betteraves cultivées comme chez *Beta maritima*. Les hybrides présentent-ils du point de vue chromosomique quelque particularité intéressante, comme le font beaucoup d'hybrides? Nous avons amorcé sur ce sujet des recherches qui ne rentrent pas dans le cadre de cette thèse et pourront faire l'objet d'une publication ultérieure, lorsque nous les aurons complétées.

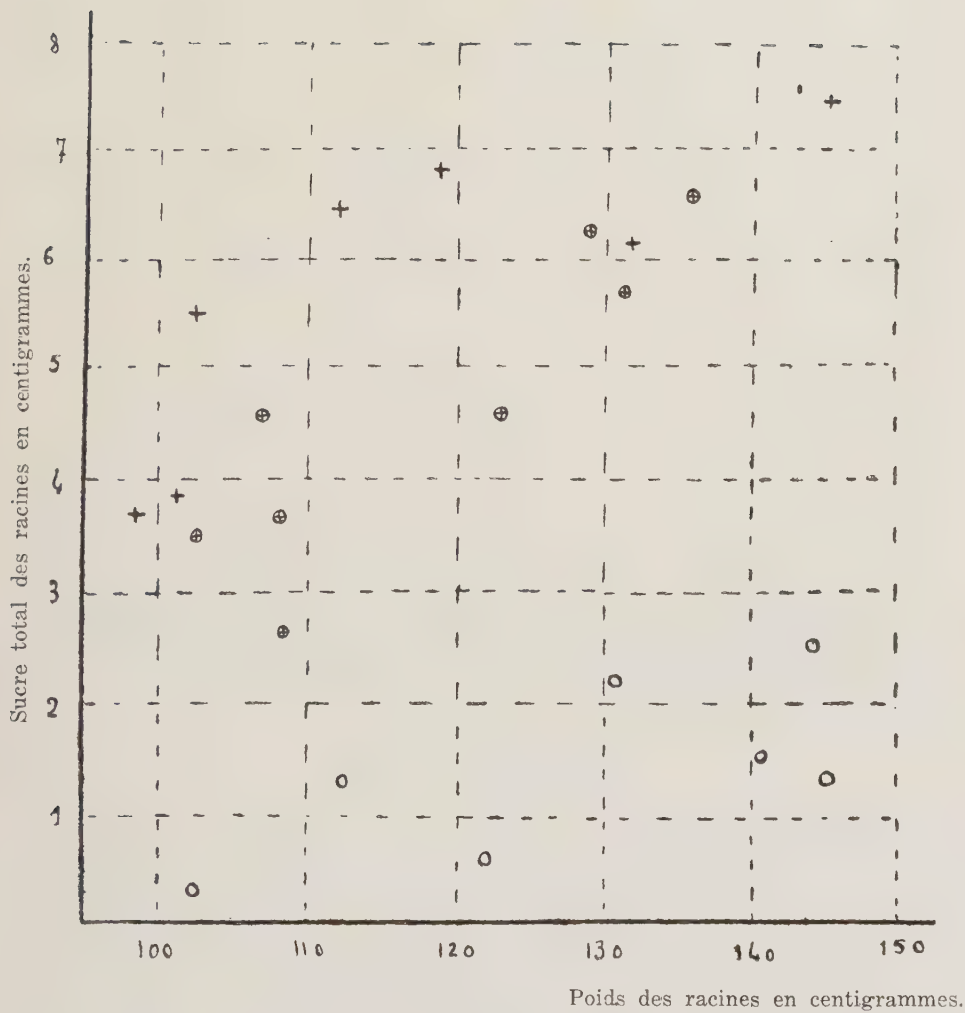


Fig. 1. — Sucre total dans les jeunes racines. { ○ Fourragères.
+ Sucrières.
⊗ Hybrides.

LA MATIÈRE SÈCHE.

RÉSUMÉ DES RÉSULTATS

Années	1929	1930	1931	1932
Vauriacs	12,2	9,17	10,25	—
Géantes roses	—	—	—	11,39
Sucrières A	23,5	21,96	23,82	22,30
Sucrières B	—	21 73	23,87	—
Moyenne 1/2 (V + A) . . .	17,8	15,56	17,03	—
Hybrides A × V	21,8	17,88	20,07	—
Hybrides V × A	22,4	—	20,10	—
Moyenne 1/2 (V + B) . . .	—	15,45	17 06	—
Hybrides B × V	—	18,80	20,73	—
Hybrides V × B	—	—	21,35	—
Moyenne 1/2 (G + A) . . .	—	—	—	16,84
Hybrides A × G	—	—	—	17,83

La lecture de ce résumé conduit à des **conclusions** que nous ne développerons pas, parce qu'elles sont tout à fait **analogues** à celles qui résultent des chiffres **concernant le sucre total**. Ce n'est d'ailleurs pas sans raison, puisque le sucre forme le principal constituant de la matière sèche.

L'AZOTE ORGANIQUE.

RÉSUMÉ DES RÉSULTATS

Années	% poids frais			% poids sec		
	1929	1930	1931	1929	1930	1931
Vauriacs	0,265	0,152	0,173	2,17	1,66	1,56
Sucrières A	0,192	0,236	0 202	0,81	1,08	0,77
Sucrières B	—	0,195	0,284	—	0,86	1,17
Moyenne 1/2 (V + A) . .	0,227	0,194	0,187	1,49	1,37	1,16
Hybrides A × V	0,262	0,229	0,170	1,20	1,26	0,84
Hybrides V × A	0,234	—	0,180	1,08	—	0,90
Moyenne 1/2 (V + B) . .	—	0,173	0,228	—	1,26	1,36
Hybrides B × V	—	0 201	0,206	—	1,09	1,02

L'interprétation des **chiffres rapportés au poids frais** est difficile. Ce sont tantôt les fourragères, tantôt les sucrières qui se montrent plus

riches. Les hybrides présentent des teneurs intermédiaires situées au-dessus ou au-dessous de la moyenne. Nous retrouvons dans ces chiffres la complexité des résultats signalés par les auteurs. Nous les mettrons cependant à profit dans la suite en les confrontant avec les chiffres fournis par les dosages d'azote total, insoluble et aminé.

Si l'on considère les **résultats rapportés au poids sec**, on constate que les Vauriacs sont d'ordinaire deux fois plus riches en azote organique que les sucrières. **La teneur des hybrides est toujours inférieure à la moyenne des témoins** et se rapproche parfois beaucoup de la teneur de sucrières pures ($A \times V$ 1931) ou lui est même inférieure ($B \times V$ 1931). Autrement dit, pour élaborer une même quantité de sucre, constituant principal de la matière sèche surtout chez les sucrières, celles-ci utilisent deux ou trois fois moins d'azote organique que les fourragères et, sur ce point, les hybrides se rapprochent nettement des sucrières.

L'AZOTE TOTAL

Rapportés au poids sec, les résultats concernant l'azote total ne feraient que confirmer et accentuer les conclusions relatives à l'azote organique.

Rapportés au poids frais, ils présenteraient même difficulté d'interprétation.

Pour cette double raison, nous ne les avons pas fait figurer dans les tableaux généraux.

Leur intérêt est d'un autre ordre. Si de l'azote total on retranche l'azote organique, on obtient l'azote minéral et l'on peut calculer dans les divers cas le rapport de l'azote minéral à l'azote organique. C'est ce que nous avons fait pour un certain nombre de racines des années 1930 et 1931 :

Vauriacs n^{os} 225, 228, 249, 250, 335, 336;

Sucrières A n^{os} 224, 235, 338, 355;

Sucrières B n^{os} 226, 236, 359;

Hybrides $A \times V$ n^{os} 242, 243, 341, 342, 345;

Hybrides $V \times A$ n^{os} 346, 347, 348, 352;

Hybrides $B \times V$ n^{os} 227, 229, 361, 362.

Chez les Vauriacs, la teneur moyenne en azote minéral est de 0,040 %, ce qui est beaucoup, mais encore loin des chiffres trouvés pour certaines fourragères (voir André [2]). Le rapport de l'azote minéral à l'azote organique vaut environ un quart.

Chez les sucrières, il n'y a parfois que des traces d'azote minéral, dont le pourcentage moyen est inférieur à 0,01. Le rapport de l'azote minéral à l'azote organique vaut environ un vingtième.

Chez les hybrides, le pourcentage moyen de l'azote minéral est de 0,017; le rapport de l'azote minéral à l'azote organique atteint à peine un dixième. De ce double point de vue, les hybrides sont donc plus voisins des sucrières que des fourragères.

L'AZOTE INSOLUBLE.

RÉSUMÉ DES RÉSULTATS

Années	% poids frais			% poids sec		
	1930	1931	1932	1930	1931	1932
Vauriacs	0,044	0,035	—	0,45	0,31	—
Géantes roses	—	—	0,038	—	—	0,34
Sucrières A	0,078	0,067	0,069	0,36	0,26	0,31
Sucrières B	0,086	0,078	—	0,37	0,32	—
Moyenne 1/2 (V + A) . .	0,061	0,051	—	0,40	0,28	—
Hybrides A × V	0,085	0,053	—	0,47	0,26	—
Hybrides V × A	—	0,062	—	—	0,30	—
Moyenne 1/2 (V + B) . .	0,065	0,056	—	0,41	0,31	—
Hybrides B × V	0,082	0,071	—	0,44	0,35	—
Moyenne 1/2 (G + A) . .	—	—	0,053	—	—	0,32
Hybrides A × G	—	—	0,052	—	—	0,31

Résultats rapportés au poids frais. — Les sucrières renferment environ deux fois plus d'azote insoluble que les fourragères. Sur ce point encore, les hybrides se rapprochent franchement des sucrières, sauf les A × G, dont la teneur en azote insoluble reste au voisinage de la moyenne des témoins. Nous avons dit plus haut (p. 28) qu'il en allait de même pour la richesse saccharine de ces hybrides.

D'une façon générale, les tissus des sucrières et des hybrides sont plus riches en protéines.

Résultats rapportés au poids sec. — Les chiffres deviennent très voisins les uns des autres. On peut toutefois remarquer que la majorité des hybrides (A × V 1930, V × A 1931, B × V 1930 et 1931) exige un peu plus d'azote insoluble que les sucrières pour élaborer un même poids de substance sèche, donc, à fortiori, pour élaborer un même poids de sucre. Mais l'intérêt principal de ces résultats réside justement dans ce fait qu'ils sont presque uniformes. A la même quantité de matière sèche correspond à peu près dans toutes les racines la même quantité d'azote insoluble. Or, nous avons vu antérieurement qu'il n'en va pas de même pour l'azote organique : les fourragères en renferment bien plus que les sucrières, les hybrides, ordinairement un peu plus. Nous pouvons maintenant affirmer que ces gains d'azote ne proviennent pas principalement de l'azote insoluble, ils ne peuvent s'expliquer que par une plus grande richesse en azote soluble, c'est ce que vont confirmer les résultats suivants.

L'AZOTE AMINÉ.

Le dosage de l'azote aminé a été effectué en 1929.

RÉSUMÉ DES RÉSULTATS exprimés en cm³ de soude N/5.

	% poids frais	% poids sec
Vauriacs	15,3	128,7
Sucrières A	6,7	28,8
Moyenne 1/2 (V + A)	11,0	78,7
Hybrides A × V	12,2	56,2
Hybrides V × A	9,2	41,2

Résultats rapportés au poids frais. — La teneur en azote aminé des hybrides est à peu près égale à la moyenne des témoins, un peu plus forte dans le cas $A \times V$, plus faible dans le cas $V \times A$. Ce dernier hybride se rapproche donc davantage des sucrières pures par sa teneur en azote aminé, comme par sa richesse en sucre.

D'une manière générale, les fourragères, moins riches en azote insoluble, le sont beaucoup plus en azote soluble. C'est l'inverse chez les sucrières, et cela est d'ailleurs conforme à tout ce que les auteurs nous apprennent du chimisme de la betterave.

Quant aux hybrides, ils offrent des pourcentages intermédiaires plus voisins de ceux des sucrières. Dans les divers cas, une sorte d'équilibre s'établit entre l'azote soluble et l'azote insoluble. Ces résultats et leurs inévitables oscillations, selon les circonstances et les années, corroborent bien ce que nous avons constaté plus haut au sujet de la teneur en azote organique.

Résultats rapportés au poids sec. — Le contingent d'azote aminé des hybrides est inférieur à la moyenne des témoins, plus nettement dans le cas de l'hybride $V \times A$.

Ces chiffres confirment ce que nous avons déjà indiqué au sujet de l'azote insoluble. Chez les fourragères, la plus haute teneur de la matière sèche en azote organique est nettement imputable, non aux protéines, mais à l'azote soluble, dont la forte proportion rend négligeables les faibles variations de l'azote insoluble. Il en va à peu près de même chez les hybrides, dans la mesure restreinte où ils se montrent plus riches en azote organique que les sucrières. La minime augmentation d'azote insoluble que nous avons signalée chez la plupart d'entre eux disparaît devant l'augmentation de l'azote aminé.

LES CENDRES.

RÉSUMÉ DES RÉSULTATS

Années	% poids frais				% poids sec			
	1929	1930	1931	1932	1929	1930	1931	1932
Vauriacs.	1,00	1,11	1,17	—	8,15	12,22	11,55	—
Géantes roses.	—	—	—	0,96	—	—	—	8,86
Sucrières A	0,47	0,68	0,50	0,62	2,01	3,09	2,12	2,84
Sucrières B	—	0,76	0,52	—	—	3,53	2,19	—
Moyenne 1/2 (V + A) .	0,73	0,89	0,83	—	5,08	7,65	6,83	—
Hybrides $A \times V$	0,52	0,98	0,55	—	2,41	5,52	2,75	—
Hybrides $V \times A$	0,38	—	0,58	—	1,74	—	2,68	—
Moyenne 1/2 (V + B) .	—	0,93	0,84	—	—	7,87	6,87	—
Hybrides $B \times V$	—	0,77	0,41	—	—	4,12	2,03	—
Hybrides $V \times B$	—	—	0,37	—	—	—	1,75	—
Moyenne 1/2 (G + A) .	—	—	—	0,79	—	—	—	5,85
Hybrides $A \times G$	—	—	—	0,69	—	—	—	4,13

Résultats rapportés au poids frais. — Dans un seul cas ($A \times V$ 1930), la teneur en cendres des hybrides se montre supérieure à la moyenne

des témoins; dans tous les autres, elle lui est nettement inférieure et se rapproche beaucoup de la teneur des sucrières. Certaines racines, dont nous avons déjà signalé la haute richesse saccharine ($V \times A$ 1929, $B \times V$ et $V \times B$ 1931), renferment même moins de cendres que les sucrières correspondantes.

Résultats rapportés au poids sec. — Le pourcentage des hybrides est toujours au-dessous de la moyenne. Il est spécialement faible et inférieur à celui des meilleures sucrières pour $V \times A$ 1929 et $V \times B$ 1931.

L'ALCALINITÉ SOLUBLE DES CENDRES.

RÉSUMÉ DES RÉSULTATS exprimés en cm^3 de soude normale.

Années	% poids frais			p. 1 g. cendres		
	1930	1931	1932	1930	1931	1932
Vauriacs	13,2	12,8	—	11,8	11,1	—
Géantes roses	—	—	9,1	—	—	9,3
Sucrières A	6,8	3,8	6,4	10,2	7,1	9,9
Sucrières B	6,6	4,6	—	8,6	9,0	—
Moyenne 1/2 ($V + A$)	10,0	8,3	—	11,0	9,1	—
Hybrides $A \times V$	10,3	6,0	—	10,3	11,4	—
Hybrides $V \times A$	—	6,6	—	—	12,1	—
Moyenne 1/2 ($V + B$)	9,9	8,7	—	10,2	10,0	—
Hybrides $B \times V$	9,6	4,7	—	12,4	11,1	—
Hybrides $V \times B$	—	2,3	—	—	6,2	—
Moyenne 1/2 ($G + A$)	—	—	7,7	—	—	9,6
Hybrides $A \times G$	—	—	6,2	—	—	9,2

Résultats rapportés au poids frais. — Les hybrides se montrent franchement moins riches en bases solubles que les fourragères, donc plus voisins des sucrières, y compris les hybrides $G \times A$ 1932 qui, sur d'autres points, nous l'avons vu, ne s'affirment pas aussi nettement. Les hybrides $V \times B$ 1931 se signalent par leur chiffre très bas, qui correspond bien à leur teneur exceptionnellement faible en cendres.

Nous n'avons pas consigné les résultats relatifs au poids sec, afin de ne pas surcharger nos tableaux. Il est d'ailleurs facile d'en obtenir une valeur approximative en multipliant les résultats relatifs au poids frais par 10 dans le cas des fourragères, par 5 dans le cas des sucrières et des hybrides. Ce calcul exagère considérablement les différences entre sucrières et fourragères et rapproche plus nettement encore les hybrides des sucrières.

Résultats rapportés à 1 gramme de cendres. — La teneur des sucrières est généralement un peu inférieure à celle des fourragères. Sauf dans un cas ($V \times B$ 1931), où elle est très faible, celle des hybrides est ordinairement supérieure à la moyenne des témoins et parfois à celle des fourragères elles-mêmes. Il est vraiment difficile de tirer une conclusion ferme de l'ensemble des résultats.

L'ALCALINITÉ INSOLUBLE DES CENDRES.

RÉSUMÉ DES RESULTATS exprimés en cm³ de soude normale.

	% poids frais			p. 1 g. cendres		
	1930	1931	1932	1930	1931	1932
Vauriacs	2,0	2,6	—	1,7	2,3	—
Géantes roses	—	—	2,6	—	—	2,7
Sucrières A	4,7	4,2	3,8	7,0	8,7	6,5
Sucrières B	4,4	4,5	—	5,8	5,8	—
Moyenne 1/2 (V + A)	3,3	3,4	—	4,3	5,5	—
Hybrides A × V	3,7	3,7	—	3,7	7,9	—
Hybrides V × A	—	3,5	—	—	6,6	—
Moyenne 1/2 (V + B)	3,2	3,5	—	3,7	5,5	—
Hybrides B × V	3,4	4,1	—	4,4	10,2	—
Hybrides V × B	—	4,2	—	—	11,3	—
Moyenne 1/2 (G + A)	—	—	3,2	—	—	4,6
Hybrides A × G	—	—	3,3	—	—	4,8

Résultats rapportés au poids frais. — La richesse en bases insolubles s'affirme chez les hybrides, spécialement dans le cas des B × V et des V × B 1931. Le dosage de la chaux et de la magnésie confirmera cette conclusion.

Le calcul approximatif que nous avons indiqué à propos de l'alcalinité soluble montrerait que les chiffres rapportés au poids sec sont voisins les uns des autres pour toutes les catégories de racines.

Résultats rapportés à 1 gramme de cendres. — Le contingent des bases insolubles est nettement plus élevé chez les hybrides, comme chez les sucrières. La netteté de ces résultats s'oppose aux fluctuations que nous avons rencontrées à propos de l'alcalinité soluble. Les hybrides V × B 1931, dont nous avons déjà souligné la grande pauvreté en alcalis solubles, se distinguent par leur forte teneur en bases insolubles.

LES CHLORURES DES CENDRES.

Dans les dosages que nous avons effectués sur les cendres des diverses racines, nous avons toujours constaté que la quantité de chlore est inversement proportionnelle à la quantité de bases insolubles. Nous n'en avons jamais trouvé plus de 0,01 % de substance fraîche chez les sucrières. Quelques-unes n'en renferment que des traces. Il en va de même chez certaines racines hybrides; d'autres en contiennent deux ou trois fois plus. Les fourragères au moins cinq fois plus.

Il semble qu'une remarque analogue pourrait être formulée au sujet de la silice, d'après les observations que nous avons faites en l'éliminant avant le dosage de la chaux et de la magnésie.

LA CHAUX ET LA MAGNÉSIE DES CENDRES.

Nous avons dosé la chaux et la magnésie dans les cendres d'un certain nombre de racines de 1930 à 1932. Le détail des résultats figure dans le tableau de la page 39.

Les chiffres qui expriment la somme $\text{CaO} + \text{MgO}$ et ceux que nous avons trouvés pour l'alcalinité insoluble dans 1 gramme de cendres se contrôlent mutuellement. Si l'on prend, par exemple, les cas où la teneur en $\text{CaO} + \text{MgO}$ est particulièrement forte (A $\times$ V n° 345 et B $\times$ V n° 361), on constate, en se reportant aux tableaux annuels correspondants (année 1931, tableaux III et VI, pp. 25 et 26), que le chiffre d'alcalinité insoluble est lui-même très élevé. Si l'on exprime les quantités de chaux et de magnésie en centimètres cubes de liqueur alcaline normale, on doit obtenir — et on obtient en fait — un chiffre voisin de celui qui figure dans le dosage de l'alcalinité insoluble. Les faibles écarts que l'on constate s'expliquent aisément, puisque le magnésium et le calcium qui salifient la première fonction acide de PO_4H_3 échappent au dosage de l'alcalinité insoluble. Par contre, le chiffre de ce dernier dosage peut être relevé par la présence de quantités appréciables de fer ou d'aluminium, dans certaines cendres de fourragères spécialement. Les deux résultats ne peuvent donc se correspondre rigoureusement.

Quant aux résultats moyens, ils suggèrent les conclusions suivantes :

1° Les quantités de chaux et de magnésie contenues dans les sucrières et les hybrides sont de même ordre, toujours supérieures à celles que l'on rencontre dans les fourragères. La chose est évidente sur les résultats rapportés à 100 grammes de substance fraîche, plus évidente encore si l'on considère la composition de 1 g. de cendres. Les deux bases alcalino-terreuses ne constituent que le vingtième des cendres des fourragères, tandis que leur proportion est comprise entre un et deux dixièmes chez les sucrières et les hybrides. Il existe donc une relation entre les quantités de sucre, de chaux et de magnésie renfermées dans une betterave. Ordinairement indiscernable entre les racines d'une même catégorie (1), cette relation apparaît nettement sur les moyennes fournies par les différentes sortes de betteraves.

Nous avons dit que l'azote insoluble était lui aussi plus abondant chez les hybrides, comme chez les sucrières. Il convient d'insister sur cette autre proportionnalité nettement établie par les moyennes entre l'azote insoluble, la chaux et la magnésie. Tous les résultats établissent que, dans les tissus riches en protéines, l'augmentation de la teneur en magnésium est au moins égale, si non supérieure à celle du calcium.

2° Valeur du rapport CaO/MgO . — Des analyses portant sur des quantités considérables de betteraves dues à Müntz et Girard [61], plus récemment à Lagatu [46], donnent, à ce rapport, des valeurs inférieures à un chez les sucrières, voisines de un chez les fourragères. Nous avons trouvé des résultats analogues et pour les hybrides des chiffres voisins de ceux des sucrières, sauf pour les hybrides A $\times$ G. Il en résulte que, cette exception mise à part, la valeur du rapport CaO/MgO semble bien être en raison inverse de la teneur en sucre. Elle est particulièrement

(1) Elle le devient dans les cas extrêmes. Signalons, par exemple :

Les Vauriacs n°s 335 et 404, la géante rose n° 408, plus riches en $\text{CaO} + \text{MgO}$, mais qui étaient aussi plus riches en sucre.

La sucrière A n° 337, l'hybride A $\times$ V n° 345, particulièrement riches en $\text{CaO} + \text{MgO}$ et en sucre.

La sucrière A n° 410, les hybrides A $\times$ V n° 242. B $\times$ V n° 229, relativement pauvres en $\text{CaO} + \text{MgO}$ et en sucre.

		Dans les cendres fournies par 100 g. du poids frais		Ca O/MgO	Ca O + Mg O dans 1 g. de cendres
		Ca O	Mg O		
Vauriac	N° 228 . .	0,0196	0,0172	1,13	0,0387
"	249 . .	203	219	0,92	366
"	335 . .	252	282	0,89	508
"	336 . .	240	200	1,20	381
"	356 . .	206	214	0,96	322
"	357 . .	280	232	1,20	437
"	414 . .	276	310	0,89	527
Moyennes		0,0236	0,0232	1,03	0,0418
Géante rose	N° 408 . .	0,0313	0,0360	0,86	0,0791
"	411 . .	196	252	0,77	389
Moyennes		0,0254	0,0306	0,81	0,0590
Sucrière A	N° 247 . .	0,0399	0,0640	0,62	0,1480
"	337 . .	448	600	0,74	1746
"	354 . .	313	496	0,63	1618
"	405 . .	426	522	0,81	1264
"	410 . .	340	310	1,09	1181
Moyennes		0,0385	0,0513	0,78	0,1458
Sucrière B	N° 260 . .	0,0420	0,0528	0,79	0,1264
"	358 . .	439	700	0,62	1898
"	359 . .	462	—	—	—
"	412 . .	294	618	0,48	1381
Moyennes		0,0404	0,0615	0,63	0,1514
Hybride A × V	N° 242 . .	0,0371	0,0542	0,68	0,0830
"	341 . .	330	484	0,68	1085
"	342 . .	386	462	0,83	1177
"	343 . .	294	—	—	—
"	345 . .	364	492	0,73	2445
Moyennes		0,0349	0,0495	0,73	0,1384
Hybride V × A	N° 346 . .	0,0358	0,0440	0,81	0,1108
"	348 . .	355	382	0,92	1474
"	352 . .	355	482	0,73	1579
Moyennes		0,0356	0,0434	0,82	0,1387
Hybride B × V	N° 229 . .	0,0350	0,0450	0,77	0,0800
"	361 . .	271	666	0,40	2080
"	362 . .	299	616	0,48	1830
Moyennes		0,0307	0,0577	0,55	0,1570
Hybride A × G	N° 399 . .	0,0283	0,0336	0,81	0,1190
"	402 . .	650	476	1,36	1324
"	403 . .	390	340	1,14	1123
"	416 . .	420	336	1,25	0945
Moyennes		0,0435	0,0372	1,14	0,1145

faible dans le cas des hybrides $B \times V$, dont nous avons antérieurement remarqué la haute richesse saccharine et la très faible teneur en cendres.

NOTE SUR QUELQUES RACINES CULTIVÉES EN PLEINE CAMPAGNE.

En 1929, nous avons cultivé quelques hybrides et quelques témoins en pleine campagne (voir Appendice, pp. 65, 66, 67). Les racines se distinguent par leur poids notablement plus élevé. Les autres résultats étant trop fragmentaires, nous n'envisagerons que la richesse saccharine, qui représente d'ailleurs la variable la plus intéressante au point de vue pratique.

	Poids moyen en g.	Sucre total	
		% poids frais	% poids sec
Vauriacs	1.300	4,49	54,23
Sucrières A	726	13,49	77,02
Moyenne 1/2 (V + A)	—	8 99	65,82
Hybrides $V \times A$	1.320	12,33	77,95

Toutes les teneurs en sucre se trouvent diminuées par rapport à celles des racines cultivées en jardin, mais les hybrides se montrent nettement voisins des sucrières. Il est vrai que ce sont des hybrides $V \times A$, dont la richesse saccharine s'affirme plus facilement que celle des $A \times V$. Effectuées sur des betteraves cultivées en pleine campagne, toutes nos analyses nous auraient conduit à des conclusions analogues à celles qui se dégagent de nos essais effectués sur des racines cultivées en jardin. Les divers résultats se seraient trouvés multipliés par un même coefficient et auraient gardé les mêmes valeurs relatives.

CONCLUSIONS.

Nous allons d'abord dégager les conclusions relatives aux hybrides de Vauriac et de sucrière A, qui sont appuyées par les expériences les plus nombreuses et les plus variées. Puis nous traiterons des autres hybrides surtout par comparaison.

I. — HYBRIDES DE VAURIAC ET DE SUCRIÈRE A.

1. — Le sucre.

a) Le caractère sucre s'affirme chez les deux hybrides $V \times A$ et $A \times V$ d'une façon qui les rapproche franchement des sucrières,

b) et qui paraît assez indépendante des fluctuations accidentelles qu'ont pu présenter les parents.

c) Par contre, la richesse saccharine ne semble pas indépendante du sens du croisement : dans les mêmes conditions, elle est toujours plus grande chez l'hybride $V \times A$ (fig. 2, p. 42).

d) Les jeunes racines elles-mêmes présentent une teneur en sucre qui rappelle celle des sucrières typiques.

2. — La vascularisation.

a) La richesse saccharine est corrélative chez les racines adultes d'une vascularisation serrée.

b) On ne peut cependant pas établir entre ces deux caractères une proportionnalité rigoureuse, car l'hybride le plus riche n'a pas nécessairement la structure la plus serrée (fig. 3) et, chez les jeunes racines, la différenciation chimique précède la différenciation anatomique.

3. — Caractères chimiques autres que le sucre.

a) Un certain nombre de caractères chimiques sont si voisins chez les parents, ou y présentent de telles variations individuelles, qu'il est impossible de dégager des conclusions fermes en ce qui concerne les hybrides. Ce sont :

- Le sucre réducteur (du moins, dans les conditions de nos essais) ;
- L'azote total et l'azote organique rapportés au poids frais ;
- L'azote insoluble rapporté au poids sec ;
- L'alcalinité soluble des cendres rapportée à 1 gramme de cendres.

b) D'autres caractères nettement distincts chez les parents présentent un comportement analogue à celui du sucre et rapprochent donc les hybrides des sucrières. Ce sont :

- La matière sèche (fig. 4) ;
- L'azote organique (fig. 5) et l'azote total rapportés au poids sec ;
- L'azote minéral rapporté au poids frais ou sec ;
- L'azote insoluble rapporté au poids frais (fig. 6) ;
- L'azote aminé rapporté au poids frais (fig. 7) ou sec ;
- Le poids des cendres rapporté au poids frais (fig. 8) ou sec ;
- Le chlore rapporté au poids frais ou sec ;
- L'alcalinité soluble des cendres rapportée au poids frais (fig. 9) ;
- L'alcalinité insoluble des cendres rapportée au poids frais (fig. 10) ou à 1 gramme de cendres ;
- La chaux et la magnésie rapportées au poids frais ou à 1 gramme de cendres (fig. 11) ;
- Le rapport CaO/MgO .

Afin de bien justifier ces conclusions, on a représenté par des schémas la plupart des résultats qui les appuient. Ces schémas ont été établis d'après les moyennes de nos diverses analyses, à l'exclusion de celles de l'année 1930, qui ne comportaient pas de résultats pour le produit $V \times A$. Ils montrent non seulement que d'une façon générale les caractères représentés ont chez les hybrides un comportement analogue à celui du sucre, mais encore que le produit $V \times A$ est toujours plus proche des sucrières,

LÉGENDE

VAURIACS
V

HYBRIDES
A x V

HYBRIDES
V x A

SUCRIÈRES
A

LE TRAIT EN POINTILLE INDIQUE LA MOYENNE $\frac{V+A}{2}$

-- 42 --

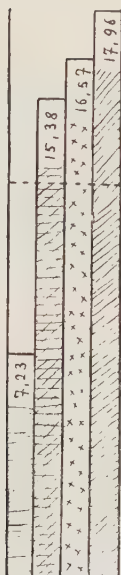


FIG. 2. SUCRE
TOTAL
p. 100 P. FRAIS



FIG. 3. NOMBRE
D'ANNEAUX
VASCULAIRES



FIG. 4. MATIÈRE
SECHE
p. 100 P. FRAIS

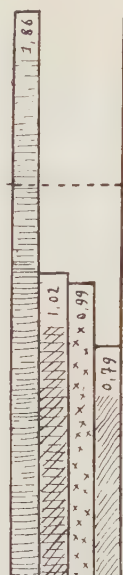


FIG. 5. AZOTE
ORGANIQUE
p. 100 P. SEC



FIG. 6. AZOTE
INSOLUBLE
p. 100 P. FRAIS



FIG. 7. AZOTE
AMINE
p. 100 P. FRAIS
(EN CM3 SOL. N/5)



FIG. 8. CENDRES
p. 100 P. FRAIS

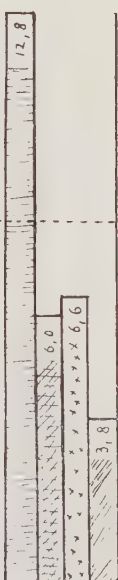


FIG. 9. SOLUBLE
ALCALINITE DES CENDRES
p. 100 P. FRAIS (EN CM3 SOLUTION N)



FIG. 10. INSOLUBLE

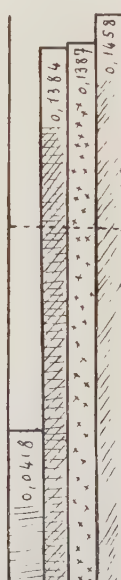


FIG. 11. CaO + MgO
DE 1g. DE
CENDRES

sauf en ce qui concerne l'alcalinité des cendres, dont les chiffres sont d'ailleurs très voisins les uns des autres.

c) De ces conclusions il résulte que le comportement des hybrides confirme ce que nous savons par ailleurs sur le chimisme de la betterave, en particulier la proportionnalité existant entre le sucre, l'azote insoluble, la chaux et la magnésie.

— Les résultats rapportés au poids frais ou au poids sec permettent de calculer le minimum d'azote insoluble indispensable à la formation de 100 grammes de sucre. Ce minimum est voisin de 0,5 gramme, ce qui correspond environ à 3 grammes d'albumine. A condition de ne voir dans cette formule qu'un symbole commode, on peut écrire que la richesse saccharine s varie en fonction de la teneur a en albumine insoluble, conformément à l'équation :

$$s = 100/3 a.$$

— La relation qui existe entre le sucre, la chaux et la magnésie est moins simple. La somme $\text{CaO} + \text{MgO}$ augmente plus vite que le sucre, elle devient facilement trois fois plus grande lorsque la quantité de sucre ne fait que doubler.

II. — HYBRIDES DE VAURIAC ET DE SUCRIÈRE B.

Le chimisme de ces hybrides est analogue à celui des précédents et généralement encore plus voisin de celui des sucrières. Certains caractères s'y trouvent particulièrement accentués : richesse en sucre, pauvreté en bases solubles et haute teneur en magnésie.

III. — HYBRIDES DE GÉANTE ROSE ET DE SUCRIÈRE A.

Nous n'avons pu étudier le produit de ce croisement que dans le sens $A \times G$. L'hybridation en sens contraire nous aurait-elle fourni d'autres résultats ? Toujours est-il que par l'ensemble de ces caractères :

a) Cet hybride se rapproche moins nettement des sucrières que les précédents. La richesse en sucre spécialement est analogue à celle que nous avons constatée pour les hybrides de géante blanche et de sucrière A dans nos essais effectués à Paris (voir introduction, p. 2) ; elle n'est que légèrement supérieure à la moyenne des témoins. A l'exception du chiffre traduisant l'alcalinité soluble des cendres, les autres résultats, spécialement le taux de l'azote insoluble dans la substance fraîche et de l'alcalinité insoluble des cendres, suggèrent des conclusions analogues.

b) Par contre, la vascularisation est voisine de celle des sucrières et montre encore bien là sa relative indépendance.

c) Ces constatations confirment les corrélations précédemment établies entre les divers caractères d'une racine.

d) Mais elles posent aussi un nouveau problème. La géante rose étant une fourragère moins typique que la Vauriac, on est amené à se demander si le chimisme des hybrides n'est pas d'autant plus intermédiaire entre celui des parents que ceux-ci sont plus voisins l'un de l'autre. Jusqu'à plus ample informé, nous ne pouvons que poser la question.

CHAPITRE TROISIÈME

HYBRIDES DE FOURRAGÈRES ET DE SUCRIÈRES DEUXIÈME, TROISIÈME ET QUATRIÈME GÉNÉRATIONS

I. — DEUXIÈME GÉNÉRATION

Toutes les racines analysées dans ce chapitre proviennent de semences qui furent obtenues en faisant grainer les betteraves hybrides F1 sous des isoloirs de toile, mis à notre disposition par la maison de Vilmorin. La toile en a été spécialement étudiée pour éviter toute entrée de pollen étranger. On secouait de temps en temps les isoloirs, de manière à faciliter la pollinisation. Malgré cette précaution, le nombre de semences obtenues fut toujours faible et plusieurs plantes ne nous ont fourni aucune graine, ce qui n'a rien de surprenant, puisque l'autofécondation n'a pas lieu une fois sur quatre, d'après de Vilmorin [96], trois fois sur quatre, d'après Shaw [81].

Dans l'espoir d'obtenir des semences plus nombreuses et mieux constituées que sous isoloirs de toile, nous avons, en 1930, replanté plusieurs racines F1, aux environs d'Alençon, dans un jardin de maison forestière largement aéré (terre rapportée et bien préparée). Un rideau d'arbre de 1.200 mètres au minimum mettait les plantes à l'abri de toute pollinisation fortuite. En fait, aucune des souches hybrides placées dans ces conditions ne conduisit ses graines à maturité. Aussi n'avons-nous malheureusement pu étudier que la descendance d'un seul des hybrides particulièrement riches en sucre de 1929.

Le tableau suivant rappelle la nature, la vascularisation et la teneur en sucre des hybrides dont nous analyserons la descendance, et indique le nombre de betteraves F2 fournies par chacun d'eux, sans tenir compte de celles qui sont montées en première année (quatre en tout).

Désignation des hybrides	Nombre d'anneaux vasculaires	Sucre % poids frais	Nombre de racines F2 fournies
V × A 156 (Année 1929) . . .	5-6	19,00	73
A × V 241 (Année 1930) . . .	4-5	13,75	51
B × V 231 (Année 1930) . . .	5	16,42	34

Les racines descendant de $V \times A$ 156 ont été cultivées en 1931, les autres en 1932. Nous désignerons chacune des betteraves F2 par un numéro d'ordre précédé de deux lettres et du numéro correspondant à la racine F1 dont elle est issue.

Aux résultats fournis par l'analyse de ces 158 racines, nous ajouterons plus loin ceux qui nous ont été donnés par une cinquantaine de betteraves F2 cultivées dans des conditions différentes, à Paris ou en Belgique.

LES CARACTÈRES VÉGÉTATIFS

Comme dans le chapitre précédent et pour la même raison, nous ne donnerons que des indications très sommaires sur la morphologie externe des racines obtenues. Voici quelle fut leur coloration :

$V \times A$ 156 a fourni	44	Racines blanches
	9	Racines jaunes
	20	Racines rouges
$A \times V$ 241 a fourni	22	Racines blanches
	12	Racines jaunes
	10	Racines rouges
$B \times V$ 231 a fourni	11	Racines blanches
	6	Racines jaunes
	3	Racines roses
	14	Racines rouges

Les hybrides de sucrière B fournissent plus de racines rouges et sont seuls à donner des betteraves à chair entièrement rouge, analogues aux betteraves potagères. Les proportions sont loin d'être mendéliennes, comme Kajanus [43, 44], Lindhard et Karsten [47] l'ont plus d'une fois observé dans des recherches systématiques sur ce sujet.

Le poids des racines était généralement assez faible, pour la raison que nous avons dite page 10. Une seule racine, issue de $B \times V$ 231, dépassait le kilogramme et atteignait 1.220 grammes; 10 avaient des poids compris entre 500 et 1.000 grammes. Les autres oscillaient aux environs de 350 grammes. Impossible, d'ailleurs, de relever aucune relation entre le poids et la richesse saccharine.

Ce que nous avons observé en première génération sur la relative indépendance de la vascularisation nous invitait à étudier de près ce caractère en F2. D'une manière générale, les racines les plus riches sont à structure serrée, les plus pauvres présentent un nombre moindre d'anneaux vasculaires, mais il y a d'assez nombreux cas intermédiaires et des exceptions nettement caractérisées. C'est ainsi que nous avons obtenu cinq racines à structure lâche et à forte richesse saccharine.

	Nombre d'anneaux vasculaires	Sucre % poids frais
$V \times A$ 156 — 19	3-4	17,60
$V \times A$ 156 — 60	3-4	17,65
$A \times V$ 241 — 36	3	17,00
$B \times V$ 231 — 5	3	17,20
$B \times V$ 231 — 14 (fig. 12) . . .	3-4	19 60

Cinq autres racines présentaient une vascularisation très serrée et un taux de sucre moyen ou faible.

	Nombre d'anneaux vasculaires	Sucre % poids frais
V × A 156 — 5	5	13,15
V × A 156 — 67	5	12,20
A × V 241 — 9	5	12,35
B × V 231 — 8 (fig. 13)	5-6	13,68
B × V 231 — 10	5	10,80

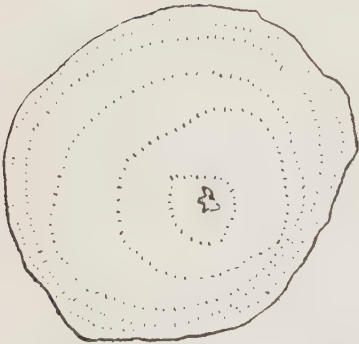


Fig. 12. — B × V 231-14.
Forte richesse (19,60 %).
Structure lâche.

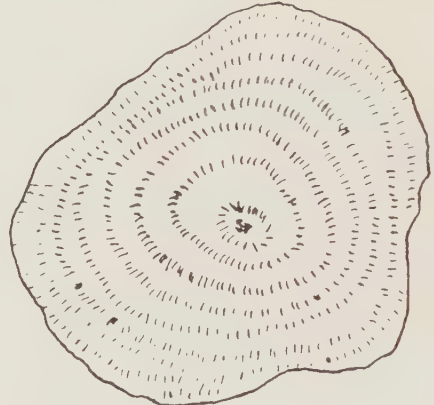


Fig. 13. — B × V 231-8.
Richesse moyenne (13,68 %).
Structure très serrée.

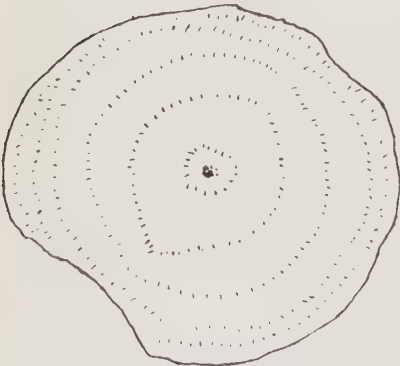


Fig. 14. — B × V 231-13.
Faible richesse (10,32 %).
Structure lâche.

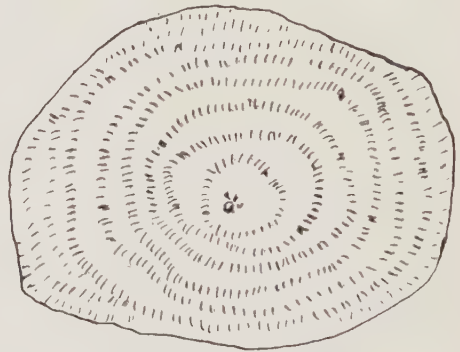


Fig. 15. — B × V 231-22.
Forte richesse (18,30 %).
Structure très serrée.

Les figures 14 et 15, qui représentent la section transversale de deux racines à vascularisation normale, permettent de mieux juger de la structure exceptionnelle présentée par les racines des figures 12 et 13. Afin de rendre la comparaison plus aisée, nous avons choisi des betteraves de taille à peu près égale. Les figures représentent en vraie grandeur des sections pratiquées au tiers inférieur des racines.

Le sucre et la vascularisation peuvent donc parfois se comporter

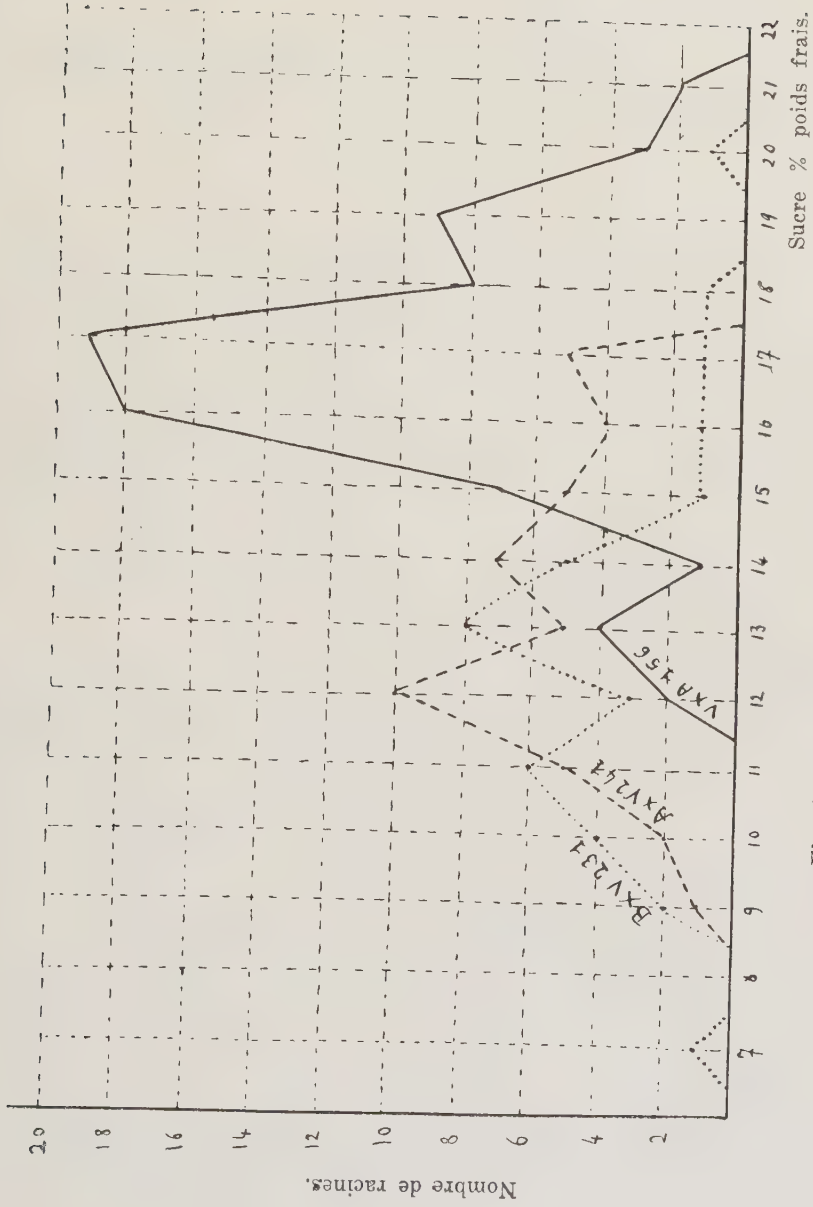


Fig. 16. — Richesse en sucre des racines F2
issues de V $\times$ A 156, A $\times$ V 241 et B $\times$ V 231.

comme des variables indépendantes. Il n'en va pas de même pour le sucre et les autres caractères chimiques de la racine. Nous montrerons plus loin que, au détail près, la structure serrée n'empêche pas les souches pauvres en sucre de présenter leur comportement chimique habituel; de même, la vascularisation lâche de certaines racines riches n'entraîne point d'anomalie dans leur chimisme.

Nous avons enfin vérifié que, dans ce dernier cas, les parenchymes offraient, comme d'habitude, une teneur en sucre plus faible que celle des anneaux vasculaires.

LE SUCRE.

Les graphiques de la figure 16 permettent de bien voir la répartition des racines d'après leur richesse saccharine. On a porté en abscisses la teneur en sucre, en ordonnées le nombre des racines groupées en ramenant leur teneur au chiffre rond le plus voisin.

La descendance de $V \times A$ 156 (73 racines) est, dans son ensemble, très riche. La plus haute pointe de la courbe est à 17 %; 9 racines titrent 19 %, ce qui correspond au taux de l'hybride lui-même. Cinq racines dépassent ce chiffre, alors qu'en 1931 la moyenne des sucrières A était 18 %. Par contre, aucune betterave ne présente à proprement parler de faible teneur. Les deux moins riches sont à 12, tandis que la moyenne des Vauriacs de l'année était à 6. Par conséquent, si l'on rencontre dans la descendance de nombreuses racines dont la teneur est égale ou supérieure à celle de la sucrière parent (17,95), on est loin d'y retrouver le faible taux de la Vauriac parent (5,97).

La descendance de $A \times V$ 241 (44 racines) est en général moins riche que la précédente. Cependant, 21 racines présentent un contingent de sucre supérieur à celui de l'hybride (13,75). Les cinq plus riches atteignent le pourcentage moyen des sucrières de l'année (17 %) et de la sucrière parent. La souche la moins riche est à 9 %, alors que le taux de la Vauriac parent était aux environs de 7. Sept racines analysées au printemps présentaient une richesse saccharine presque égale à celle des jeunes sucrières de même poids : environ 4,2 %, pour un poids moyen de 5 décigrammes. Complètement développées, la plupart d'entre elles se seraient classées parmi les meilleures racines. Si nous n'avions pas tenu à nous assurer, au moins dans un cas, du comportement des jeunes plantes F2, nous aurions sans doute obtenu, pour $A \times V$ 241, une courbe plus semblable aux autres, c'est-à-dire présentant une pointe élevée d'abscisse comprise entre 14 et 17.

En général, les racines issues de $A \times V$ 241 sont moins riches que celles provenant de $V \times A$ 156; il y avait une différence de même sens entre les racines F1 (13,75 et 19,00). Il serait imprudent de pousser la comparaison, car les deux hybrides n'avaient pas mêmes parents et leurs descendances ne furent pas cultivées la même année.

Descendance de $B \times V$ 231 (34 racines). Deux souches, l'une à 18 %, l'autre à 20, dépassent la teneur de la sucrière employée comme parent (17,30). Le plus grand nombre présente des taux moyens. Une seule

racine descend à 7 %, ce qui correspond à la teneur de la Vauriac employée comme parent.

Les betteraves issues de $A \times V$ 241 et $B \times V$ 231 furent cultivées la même année. Bien que le taux de sucre dans $B \times V$ 231 fut plus élevé (16,42 contre 13,75 dans $A \times V$ 241), sa descendance est en général moins riche.

Les trois courbes ont la même allure. Chacune présente deux parties assez nettement séparées par un angle fortement rentrant, ce qui permet de classer les betteraves analysées en deux lots d'inégale richesse. Si l'on calcule dans les trois cas le nombre des racines riches et des racines à teneur moyenne ou faible, on trouve respectivement pour $V \times A$ 156, 66 et 7; pour $A \times V$ 241, 21 et 23; pour $B \times V$ 231, 18 et 16. Ces proportions n'ont rien de mendélien.

D'autre part, si en première génération le sucre s'est montré relativement dominant, on constate en seconde génération qu'on ne retrouve pas la faible teneur des Vauriacs parents, alors que, dans un processus héréditaire régi par la loi de Mendel, le caractère récessif devrait reparaitre dans un quart des sujets.

Nous ne voulons actuellement qu'enregistrer ces deux faits. Si une conclusion est possible, nous ne la pourrions tirer qu'en tenant compte de tous les résultats (racines F2 cultivées dans d'autres conditions, racines F3 et F4).

AUTRES CARACTÈRES CHIMIQUES

Dans l'impossibilité de publier tous nos résultats sur ce sujet, nous allons simplement consigner ceux qui sont indispensables pour justifier nos conclusions.

En 1931, sur la descendance de $V \times A$ 156, nous avons surtout étudié les relations existant entre le poids des cendres, leur alcalinité et le sucre. Voici les chiffres concernant quatre racines rangées par ordre de richesse saccharine croissante.

		Nombre d'anneaux vasculaires	Pour 100 g. de pulpe fraîche					pour 100 g. poids sec		p. 1 g. cendres
			Sucre total en g.	Matière sèche en g.	Cendres en g.	Alcalinité des cendres		Sucre total en g.	Cendres en g.	Alcalinité insoluble en cm ³ de soude N
						soluble en cm ³ de soude N	insoluble en cm ³ de soude N			
V × A	156-44	3	12,40	18,65	0,75	6,5	3,0	66,48	4,02	4,0
»	-10	4-5	14,60	21,20	0,70	5,4	3,6	68,06	3,30	5,0
»	-60	3-4	17,65	24,70	0,45	4,1	4,2	71,45	1,82	9,3
»	-58	6	19,25	25,60	0,50	2,0	5,0	75,19	1,95	10,0

Le balancement est évident entre les cendres, leur alcalinité soluble et le sucre. Par contre, l'alcalinité insoluble augmente en même temps que la richesse saccharine. D'une façon générale, les 73 betteraves issues de $V \times A$ 156 se signalaient par leur très faible teneur en alcalis solubles.

DÉSIGNATION des RACINES	Anneaux vasculaires	Pour 100 grammes de pulpe fraîche								Ca O/Mg O		Pour 100 grammes de matière sèche			Pour 1 gramme de cendres	
		Sucre total en grammes	Matière sèche en grammes	Azote insoluble en grammes	Cendres en grammes	Alcalinité des cendres		Ca O en g.	Mg O en g.			Sucre total en grammes	Azote insoluble en grammes	Cendres en grammes	Alcalinité insoluble en cm ³ de soude N	Ca O + Mg O en g.
						soluble en cm ³ de soude N	insoluble en cm ³ de soude N									
A × V 241-7	2-3	9,25	14,45	—	1,35	11,0	2,2	—	—	—	—	64,01	—	9,34	2,0	—
B × V 231-4	2-3	9,40	13,00	—	1,10	12,1	2,1	—	—	—	—	72,30	—	8,46	1,9	—
B × V 231-13 (fig. 14) .	3-4	10,32	12,70	0,057	0,95	12,1	1,8	—	—	—	—	81,25	0,44	7,48	1,9	—
B × V 231-10	5	10,80	13,35	0,049	0,95	11,8	1,7	0,0213	0,0210	1,01	80,89	0,36	7,11	1,8	0,0445	0,0445
A × V 241-2	3-4	10,80	15,90	—	1,00	10,7	2,2	0,0308	0,0399	0,77	67,92	—	6,28	2,2	0,0707	0,0707
B × V 231-17	3-4	13,41	17,55	0,063	1,00	10,2	3,4	0,0263	0,0434	0,60	76,41	0,35	5,69	3,4	0,0697	0,0697
B × V 231-8 (fig. 13) . .	6	13,68	20,05	—	0,85	7,3	3,2	0,0330	0,0424	0,77	68,40	—	4,25	3,2	0,0887	0,0887
A × V 241-5	4-5	14,90	19,65	0,084	0,96	—	—	9,0383	0,0624	0,61	75,82	0,42	4,88	—	0,1408	0,1408
A × V 241-44	5-6	17,22	23,00	0,084	0,70	6,8	4,4	0,0336	0,0650	0,51	74,78	0,36	3,04	6,2	0,1408	0,1408
B × V 231-22 (fig. 15) .	5-6	18,30	22,70	0,090	0,58	5,8	5,2	—	—	—	80,61	0,39	2,55	8,9	—	—
B × V 231-14 (fig. 12) .	3-4	19,60	22,30	0,085	0,60	—	—	0,0263	0,0536	0,49	87,89	0,38	2,69	—	0,1331	0,1331

La racine $V \times A$ 156-60 est une de celles que nous avons indiquées plus haut comme présentant une vascularisation lâche, malgré sa forte teneur en sucre. On voit que cette structure exceptionnelle n'entraîne aucune anomalie dans son comportement chimique.

En 1932, nous avons ajouté les dosages de l'azote insoluble, de la chaux et de la magnésie à ceux des cendres et de leur alcalinité. Le tableau de la page 50 groupe un certain nombre de résultats. Afin d'en faciliter la lecture, nous avons encore rangé les racines par ordre de richesse saccharine croissante. Il en résulte un mélange des betteraves F2 issues de deux hybrides différents, mais l'inconvénient est minime, puisque les deux descendance furent exactement cultivées dans les mêmes conditions.

Interprétations des résultats.

A quelques fluctuations près, lorsque le sucre augmente, . . .

- la matière sèche augmente,
- l'azote insoluble rapporté au poids frais augmente, rapporté au poids sec, il varie peu,
- les cendres diminuent et le fait est particulièrement visible sur les résultats rapportés au poids sec,
- l'alcalinité soluble rapportée au poids frais diminue,
- l'alcalinité insoluble rapportée au poids frais augmente; cette variation est encore plus nette si l'on envisage les résultats rapportés à 1 gramme de cendres,
- il en va de même naturellement pour la chaux et la magnésie, mais celle-ci augmente plus vite que celle-là, comme le montrent les valeurs décroissantes du rapport CaO/MgO .

Les structures exceptionnellement serrées de $B \times V$ 231-8 et 10 n'entraînent pas de modification dans leur chimisme, qui reste bien celui de betteraves peu riches. La racine $B \times V$ 231-14 présente nettement la physionomie chimique d'une sucrière, malgré sa vascularisation lâche.

En résumé, nous retrouvons pour les racines F2 la même interdépendance des caractères chimiques que nous avons notée chez les racines F1.

NOTE SUR DES RACINES CULTIVÉES DANS D'AUTRES CONDITIONS

1. — Racines cultivées à Paris.

Un des hybrides, géante blanche $\times$ sucrière A, analysés en 1925, dont nous avons parlé dans l'introduction (p. 2), nous a fourni, en 1927, quarante-deux racines F2, qui furent cultivées à Paris dans le Jardin des Carmes. Le graphique ci-joint (fig. 17) indique la répartition des racines d'après leur richesse saccharine.

Une betterave se signale par sa pauvreté en sucre (4 p. 100). Dix racines à faible teneur sont séparées des trente-deux autres plus riches par l'angle fortement rentrant de la courbe. La proportion est ici presque mendélienne.

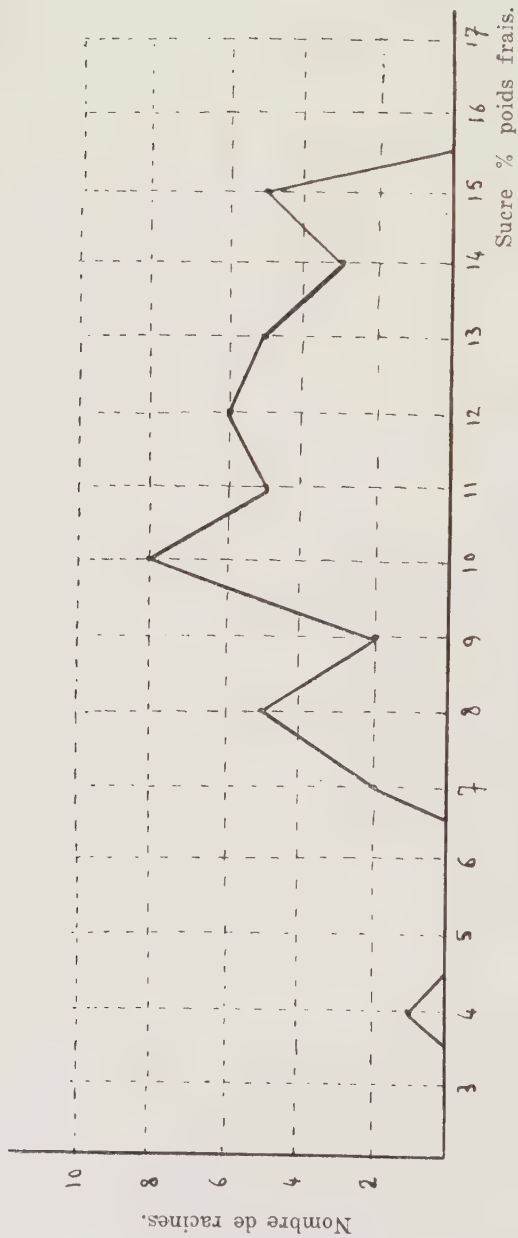


Fig. 17. — Richesse en sucre des racines F₂ issues d'un hybride Géante Bl. × Sucrière A.

2. — Racines cultivées à Tirlemont (Belgique).

En 1932, grâce au concours de l'Institut belge pour l'amélioration de la betterave, nous avons pu faire semer un certain nombre de graines, en pleine campagne, dans les champs d'essais de la sucrerie de Tirlemont (Brabant belge).

La terre argileuse, de pH = 7, avait reçu les engrais chimiques habituellement employés dans la grande culture (1).

La plantation eut lieu le 14 mai, en poquets aux écartements de 40 × 30 centimètres.

Les graines provenaient de l'hybride A × V 240 (année 1930, tabl. IV, p. 69) à 11,90 % de sucre.

Arrachées le 9 décembre et analysées au laboratoire de l'usine selon les procédés industriels, les 14 racines obtenues donnèrent les résultats consignés dans le tableau ci-dessous, où les betteraves sont rangées par ordre de richesse saccharine croissante.

Les 7 et 13 décembre, on analysa quatorze Vauriacs et quatorze sucrières A cultivées dans les mêmes conditions et pour lesquelles nous indiquons simplement les moyennes obtenues.

	Nomb. d'anneaux vasculaires	Poids en g.	Pour 100 de pulpe fraîche				Pour 100 de mat. sèche		
			Sucre	Matière sèche	Réducteur	Cendres	Sucre	Réducteur	Cendres
A × V 240-1..	7	2775	6,10	13,74	0,115	1,736	44,40	0,83	12,63
» 2..	—	2392	6,25	12,94	0,115	1,664	48,30	0,89	12,86
» 3..	6	2265	6,55	14,07	0,115	1,680	46,55	0,81	11,94
» 4..	6	1980	7,65	16,36	0,115	1,545	46,76	0,70	9,44
» 5..	—	1640	8,00	15,65	0,115	1,623	51,12	0,73	10,37
» 6..	5	798	8,20	16,73	0,139	1,704	49,01	0,83	10,18
» 7..	7	1807	8,30	14,22	0,174	1,484	58,36	1,22	10,44
» 8..	6	2050	8,40	15,27	0,115	1,558	55,01	0,75	10,20
» 9..	6	1020	9,30	15,94	0,115	1,138	58,34	0,72	7,14
» 10..	—	830	9,80	18,07	0,163	1,626	54,23	0,90	8,10
» 11..	7	932	10,70	18,44	0,163	1,416	58,03	0,88	7,68
» 12..	5	2072	10,80	18,21	0,115	1,113	59,31	0,63	6,11
» 13..	—	180	11,45	20,41	0,185	1,402	56,10	0,90	6,87
» 14..	6	510	13,90	22,62	0,197	1,022	61,45	0,87	4,52
VAURIACS Moyennes ..	4,8	2954	3,30	8,31	0,290	1,139	39,71	3,48	13,70
SUCRIÈRES A Moyennes ..	5,4	1188	14,80	20,68	0,120	0,941	71,56	0,58	4,55

CARACTÈRES VÉGÉTATIFS.

Une racine était rouge; six étaient orange; les autres, blanches.

Le poids est considérable en comparaison de celui des souches précédemment décrites (p. 45) et cultivées en jardin dans les conditions que nous avons dites (p. 10). Si les trois plus grosses racines sont aussi les trois moins riches, on ne peut cependant établir aucune relation nette entre le poids et la teneur en sucre.

(1) A l'hectare : 400 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque, 400 kilogrammes de nitrate de chaux, 400 kilogrammes de chlorure de potasse à 40 %, 200 kilogrammes de superphosphate.

La racine A $\times$ V 240-1, présente une vascularisation serrée pour une faible richesse saccharine. Les anneaux vasculaires n'ont pu être comptés sur certains sujets à cause de leur grande irrégularité.

LE SUCRE.

Les racines sont en trop petit nombre pour qu'il y ait lieu de représenter graphiquement leur répartition d'après leur richesse saccharine.

On compte 3 racines à 6-7 % de sucre.

1	»	7-8	»	»
4	»	8-9	»	»
2	»	9-10	»	»
2	»	10-11	»	»
1	»	11-12	»	»
1	»	13-14	»	»

Dans son ensemble, la teneur en sucre est plus faible que dans les descendances précédemment analysées. Pour juger correctement de cette diminution du sucre, il ne faut pas oublier que, cultivées dans les mêmes conditions, les sucrières A titraient en moyenne 14,80, avec minimum à 12,12. Les Vauriacs ne renfermaient en moyenne que 3,30 de sucre. La répartition des racines reste donc à peu près ce qu'elle était dans les cas précédents : beaucoup de racines sont intermédiaires, une est riche, aucune ne descend au pourcentage moyen des Vauriacs, ni même à celui de la Vauriac la plus riche, qui était de 5 %.

Au point de vue du sucre réducteur, on trouve, entre les sucrières et les fourragères énormes de cette expérience, la différence qui disparaissait ordinairement entre les racines moins développées de nos autres essais. Les sucrières renferment, en moyenne, deux fois moins de réducteur que les Vauriacs ; mais le détail des résultats montrerait de fortes variations individuelles. Par exemple, deux fourragères à 0,13 et 0,15 % et une sucrière à 0,209. Quant aux hybrides F2, ils contiennent généralement peu de réducteur et à ce point de vue ils se rapprochent franchement de la moyenne des sucrières, que l'on examine les résultats rapportés au poids frais ou au poids sec.

LES CENDRES.

Dans l'ensemble, les cendres diminuent très nettement quand le sucre augmente. Dans la racine F2 la plus riche, leur taux est très voisin de celui des sucrières.

II. — TROISIÈME ET QUATRIÈME GÉNÉRATIONS.

Pour les troisième et quatrième générations, nous n'avons actuellement que les résultats concernant des racines cultivées à Paris et issues de l'hybride géante blanche $\times$ sucrière A.

Troisième génération. — Une des betteraves F2 analysées plus haut (p. 51), riche, incolore, à structure de sucrière, fut mise à grainer en 1928 à l'abri de toute pollinisation étrangère. Parmi les vingt-neuf souches récoltées en 1929 et soumises à l'analyse, on en comptait :

6 à moins de		7 % de sucre.
5	à	7-8 »
6	»	8-9 »
6	»	9-10 »
3	»	10-11 »
1	»	11,2 »
1	»	12,6 »
1	»	13,3 »

Cette dernière avait 5 anneaux vasculaires bien visibles; mais la précédente était à vascularisation lâche.

Quatrième génération. — La descendance analysée en 1931 est encore loin d'être homogène. Sur quinze racines, on en compte cinq à 14-15 % de sucre. Le balancement est remarquable entre les cendres et le sucre; richesse et vascularisation serrée, le plus souvent réunies, sont nettement disjointes sur deux racines.

CONCLUSIONS.

Les résultats de ce chapitre portant sur 258 racines F2, F3 et F4, issues d'hybrides divers et cultivées dans des conditions différentes, permettent de formuler les conclusions suivantes :

I. — SUCRE.

1. La richesse moyenne des descendances est intermédiaire entre celle des parents et ordinairement plus voisine de celle des sucrières cultivées dans les mêmes conditions.

2. Quelques racines atteignent ou même dépassent la teneur du parent le plus riche.

3. Par contre, le taux du sucre ne descend que très rarement jusqu'à celui des fourragères.

4. Même en troisième et quatrième générations, les descendances sont loin d'être homogènes, quant à leur teneur en sucre.

5. Dans le cas où le nombre des betteraves était suffisant pour qu'il fut possible de les grouper en deux lots d'inégale richesse, nous n'avons trouvé qu'une fois une répartition des racines conforme à la formule mendélienne.

6. Cette dernière constatation, jointe à celle qui figure sous le n° 3, rend difficile toute conclusion relative à la nature de l'hérédité chez la betterave, malgré le caractère relativement dominant du sucre en première génération. Pour trancher la question, des expériences très nombreuses, qui dépassent les possibilités d'un travailleur isolé, seraient nécessaires. Car, ainsi qu'on l'a écrit, « les difficultés deviennent insurmontables lorsqu'il s'agit de l'analyse de la disjonction des caractères fluctuants; à la disjonction probable se superposent les modifications dues à la bonne levée, à la nourriture disponible... Pour éliminer ces modifications dues au milieu, il faut faire intervenir simultanément la méthode de la statistique biométrique et de la ségrégation mendélienne ». (Blaringhem [10], pp. 38-39.)

II. — VASCULARISATION.

1. Richesse et vascularisation serrée sont le plus souvent réunies sur une même racine.

2. Mais il est des exceptions remarquables : certaines racines à faible taux de sucre présentent de nombreux anneaux vasculaires; et la structure serrée n'est pas liée sans disjonction possible à la richesse saccharine.

III. — CARACTÈRES CHIMIQUES AUTRES QUE LE SUCRE.

1. Aux fluctuations près, le chimisme général des racines de deuxième, troisième et quatrième générations est nettement fonction de leur teneur en sucre. Le fait est particulièrement évident en ce qui concerne :

- l'azote insoluble;
- les cendres;
- leur alcalinité soluble et insoluble;
- la chaux et la magnésie.

2. Le comportement chimique d'une racine n'est pas essentiellement modifié si sa vascularisation ne correspond pas à sa richesse saccharine.

3. Dans les racines riches à vascularisation lâche, les parenchymes présentent un pourcentage de sucre inférieur à celui des anneaux libéro-ligneux.

CHAPITRE QUATRIÈME

QUELQUES AUTRES HYBRIDES

I. — BETTERAVES CULTIVÉES ET *BETA TRIGYNA* WALDST.

Tschermak [91] a décrit un hybride de *Beta trigyna* Waldst et de *Beta vulgaris* L. à 10 % de sucre, intermédiaire entre ses deux parents (4,4 et 17 %).

Pour nous, nous aurions voulu faire une étude des croisements de *B. trigyna* avec les betteraves cultivées, fourragère et sucrière, analogue à celle qui figure dans le paragraphe suivant pour *B. maritima*.

Des souches de *B. trigyna* nous furent aimablement fournies par la direction du Jardin Botanique de la Faculté de Pharmacie de Paris et nous permirent de préparer, en 1928, une trentaine de graines hybrides :

B. trigyna × Vauriac et vice-versa ;

B. trigyna × sucrière A et vice-versa.

De toutes ces graines, apparemment bien constituées, une seule germa, appartenant au lot *B. trigyna* × Vauriac. On sait — et nous avons personnellement constaté — que les graines de *B. trigyna* germent difficilement. Les graines hybrides auraient-elles simplement hérité de ce caractère de leur parent ? C'est possible, mais il peut aussi se faire que dans la plupart des cas le croisement n'ait réussi qu'apparemment, le nombre de chromosomes étant de vingt-sept chez *B. trigyna*, tandis qu'il est de neuf chez les variétés cultivées voisines de *B. maritima*.

La racine obtenue pesait près de 130 grammes, elle était rosée à sa partie supérieure et présentait une vascularisation très serrée ; sa teneur en sucre était de 13,85 %, nettement supérieure à la richesse habituelle des Vauriacs et à celles des *B. trigyna* que nous avons analysées (4 à 7,5 %). Les cendres correspondaient au sucre, mais l'azote organique était plus abondant que dans les racines précédemment étudiées.

II. — BETTERAVES CULTIVEES

ET *BETA MARITIMA* L.

Le croisement des betteraves cultivées et de *Beta maritima* L. a toujours retenu l'attention des naturalistes qui, comme Schindler [80] et Proskowetz [69], se sont attachés au problème de l'origine des betteraves de grande culture. Pour nous, c'est du point de vue chimique que nous allons étudier quelques-uns de ces hybrides.

Nous disposions de graines de *B. Maritima* recueillies sur la côte du Cotentin, au Nez de Jobourg, loin de toute culture. Nous avons obtenu :

3 hybrides sucrière A $\times$ *B. maritima* (2 blancs, 1 rosé) ;

8 hybrides *B. maritima* $\times$ sucrière A (tous blancs) ;

4 hybrides *B. maritima* $\times$ Vauriac (tous jaune-orange).

Le croisement Vauriac $\times$ *B. maritima* a échoué. Cet insuccès est à rapprocher de ceux que nous avons rencontrés dans le croisement Vauriac $\times$ sucrière A (voir p. 23).

Le poids moyen des souches hybrides fut de 500 grammes; deux racines dépassaient nettement les autres et atteignaient respectivement 1.110 et 1.450 grammes. Cette dernière se classait parmi les moins riches en sucre (13,02 %), l'autre offrait une teneur de 16,60 supérieure à celle de bien d'autres racines plus petites — ce qui suffit à montrer la relative indépendance du poids et de la richesse saccharine.

En général, les feuilles ne se dressaient pas comme dans les variétés cultivées, mais restaient étalées sur le sol. Les racines étaient fibreuses; trois seulement présentaient une forme conique et pivotante, les autres étaient irrégulières et fourchues. Anneaux vasculaires nombreux (6 en moyenne), plus serrés que dans les hybrides de fourragères et de sucrières présentant une richesse égale.

La richesse saccharine fut en moyenne de 16,59 pour les hybrides de *B. maritima* et de sucrière A, contre 11,24 chez les *B. maritima* et 17,31 chez les sucrières A, cultivées dans les mêmes conditions (1928).

Les hybrides *B. maritima* et de Vauriac présentaient une teneur moyenne de 12,25 %; chiffre très supérieur à celui des Vauriacs cultivées dans les mêmes conditions (5,37) et voisin du résultat qui fut fourni la même année (1930) par les hybrides sucrières A $\times$ Vauriac (12,44).

Cette richesse générale des hybrides n'a rien de surprenant, puisque certaines racines de *B. maritima* atteignent une haute teneur en sucre.

Dans la plupart des cas, le pourcentage de sucre dans la matière sèche fut inférieur à celui que nous avons enregistré chez les hybrides des variétés cultivées. Les résultats moyens concernant les cendres et leur alcalinité sont de même ordre que dans ces derniers hybrides, mais avec d'assez fortes fluctuations. Il y a en moyenne plus d'azote organique.

Un des hybrides sucrière A $\times$ *B. maritima*, à 16,80 de sucre, réservé pour graine, nous a donné, en 1930, douze racines F2 généralement fort riches.

Le plus faible taux de sucre était de 13,90, le plus fort de 19,65.

On comptait 3 racines à 14-15

2 » 15-16

1 » 16-17

2 » 17-18

2 » 18-19

Ces racines étaient de formes plus régulières qu'en F1, mais restaient ligneuses. Une seule était légèrement teintée de rose. Les autres étaient blanches.

Si la vascularisation n'était pas toujours aussi serrée qu'on aurait pu l'attendre chez des racines riches, elle ne fut jamais exceptionnellement lâche. Il convient d'ailleurs de remarquer que, dans ce cas, les deux parents sont à structure serrée.

Peu d'alcalis solubles dans les cendres, mais beaucoup de bases insolubles, comme il est de règle chez les racines riches.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Un certain nombre de *caractères* chimiques sont *très voisins* chez les fourragères, les sucrières et leurs hybrides. Ce sont :

- Le sucre réducteur (du moins dans les racines de poids moyen) ;
- L'azote insoluble par rapport au poids sec ;
- L'alcalinité soluble des cendres par rapport à un gramme de cendres.

Malgré d'assez fortes variations individuelles, l'azote total et l'azote organique rapportés au poids frais présentent aussi des moyennes voisines les unes des autres chez les trois catégories de racines.

D'autres *caractères* sont nettement *distincts* chez les parents :

A. — La richesse saccharine.

B. — La vascularisation.

C. — Une série de **caractères chimiques**. Comparées aux fourragères, les sucrières présentent :

- plus de matière sèche,
- moins d'azote organique et d'azote total par rapport au poids sec,
- moins d'azote minéral par rapport au poids frais ou sec,
- plus d'azote insoluble par rapport au poids frais,
- moins d'azote aminé par rapport au poids frais ou sec,
- moins de cendres par rapport au poids frais ou sec,
- moins de chlore par rapport au poids frais ou sec,
- moins de bases solubles dans les cendres par rapport au poids frais,
- plus de bases insolubles dans les cendres par rapport au poids frais ou 1 gramme de cendres,
- plus de chaux et de magnésie dans les cendres par rapport au poids frais ou 1 gramme de cendres,
- un rapport CaO/MgO plus faible.

COMPOTEMENT DE CES CARACTÈRES CHEZ LES HYBRIDES.

A. — La richesse saccharine.

En première génération :

1° Le sucre s'affirme comme relativement dominant chez les hybrides de fourragères et de sucrières,

2° même chez les jeunes racines,

3° et d'une façon qui caractérise bien les races, car elle est assez indépendante des fluctuations accidentelles subies par les parents ;

4° Par contre, dans l'hybridation de la sucrière A et de la betterave jaune de Vauriac, le taux de sucre dépend du sens du croisement. Le produit Vauriac $\times$ sucrière A se montre plus riche que l'hybride sucrière A $\times$ Vauriac;

5° La richesse semble aussi dépendre de la fourragère employée comme parent;

6° Nous avons enfin constaté que le sucre s'affirmait nettement chez quelques hybrides de betteraves cultivées et de *Beta maritima* ou *trigyna*.

Dans les deuxième, troisième et quatrième générations :

1° Les descendances ne sont pas homogènes. Beaucoup de betteraves offrent une teneur intermédiaire entre celles des parents, ordinairement plus voisine de celle du parent le plus riche,

2° dont le taux de sucre peut être atteint ou même dépassé par certaines racines;

3° Par contre, on ne rencontre que très rarement le faible contingent de sucre du parent le plus pauvre;

4° Entre le nombre des racines à faible teneur et celui des racines plus riches, nous n'avons trouvé qu'une fois un rapport voisin d'un tiers;

5° Ces deux dernières constatations rendent problématique l'hypothèse d'hérédité mendélienne que suggère la dominance relative du sucre en première génération. Le sucre est d'ailleurs un caractère trop fluctuant pour que nos expériences puissent trancher le cas.

B. — La vascularisation;

En première génération :

1° Les hybrides se rapprochent des sucrières par leur vascularisation serrée, corrélative de leur richesse saccharine;

2° Il n'y a cependant pas entre ces deux caractères une proportionnalité rigoureuse;

3° De plus, chez les jeunes racines, la forte teneur en sucre s'affirme avant que n'apparaissent les assises génératrices surnuméraires qui donnent aux racines adultes leur structure serrée;

4° Les hybrides de betteraves cultivées et de *Beta maritima* ou *trigyna* présentent une structure serrée et fibreuse.

Dans les deuxième, troisième et quatrième générations :

1° D'une façon générale, fort pourcentage de sucre et vascularisation serrée restent deux caractères corrélatifs;

2° Mais il y a des exceptions remarquables : racines riches à structure lâche et racines pauvres à vascularisation serrée. Le grand nombre d'anneaux vasculaires n'est donc pas lié sans disjonction possible à une haute teneur en sucre;

3° Dans les racines riches à vascularisation lâche, les parenchymes présentent un pourcentage de sucre inférieur à celui des anneaux libéro-ligneux.

C. — Autres caractères chimiques.

En première génération :

Les hybrides de fourragères et de sucrières présentent un certain nombre de caractères chimiques dont le comportement, analogue à celui du sucre, les rapproche franchement des sucrières :

	Fourragères	Hybrides	Sucrières
Matière sèche	—	+	+
Azote organique et total par rapport au poids sec	+	—	—
Azote minéral par rapport au poids frais ou sec	+	—	—
Azote insoluble par rapport au poids frais	—	+	—
Azote aminé par rapport au poids frais ou sec	+	—	—
Cendres par rapport au poids frais ou sec	+	—	—
Chlore par rapport au poids frais ou sec	+	—	—
Alcalinité soluble des cendres par rapport au poids frais	+	—	—
Alcalinité insoluble des cendres par rapport au poids frais ou à 1 gramme de cendres	—	+	+
CaO + MgO par rapport au poids frais ou à 1 gramme de cendres	—	+	+
CaO/MgO	+	—	—

Pour la plupart de ces caractères, les schémas de la page 42 :

1° Indiquent dans quelle mesure les hybrides se rapprochent des sucrières ;

2° Mettent en évidence que les hybrides Vauriac × sucrière A, plus riches en sucre que les hybrides sucrière A × Vauriac, ont aussi un comportement chimique plus voisin de celui des sucrières.

En deuxième, troisième et quatrième générations :

1° Les racines de richesse inégale présentent un chimisme qui correspond à leur taux de sucre. Des fluctuations peuvent affecter cette corrélation entre le sucre et les autres caractères chimiques, mais on n'observe pas de disjonction ;

2° En particulier, le chimisme d'une racine reste commandé par sa richesse saccharine si elle présente une vascularisation exceptionnelle.

APPENDICE

TÉMOINS ET HYBRIDES F1 DE FOURRAGÈRES ET DE SUCRIÈRES

DETAIL DES RÉSULTATS pour les années 1928, 1929, 1930 et 1932

(Les résultats de l'année 1931 ont été insérés dans le texte, chap. II, p. 24 à 26)

ANNÉE 1928	Date de l'analyse	Coloration			Anneaux vasculaires	Poids des racines en grammes	Sucre total pour 100 g. de pulpe fraîche en g.
		Pétiolcs	Racine	Chair			
I. Fourragères							
VAURIACS							
N° 18	6 Nov.	vert-jaune	jaune	blanche	3	540	7,65
» 21	23 »	»	»	»	2	400	6,32
» 24	21 Déc.	»	»	»	3	500	8,27
» 25	21 »	»	»	»	3	1280	7,52
Moyennes.	—	—	—	—	2,7	680	7,44
II. Sucrières							
VILMORIN A							
N° 19	6 Nov.	verts	blanche	blanche	4	390	17,95
» 20	23 »	»	»	»	5-6	400	17,74
» 22	19 Déc.	»	»	»	5	180	16,05
» 23	19 »	»	»	»	5	800	17,50
Moyennes	—	—	—	—	4,8	442	17,31
III. Hybrides							
SUCRIÈRE A × VAURIAC							
N° 95.	9 Nov.	verts	jaune	blanche	5	230	15,65
» 96.	14 »	»	»	»	5	600	13,70
» 97.	10 Déc.	jaunes	»	jaune	4-5	960	13,75
» 98.	17 »	vert-jaune	»	»	4-5	300	12,57
» 99.	17 »	rosés	rouge	rose	4-5	470	15,52
» 100.	17 »	verts	»	»	4-5	365	14,77
Moyennes	—	—	—	—	4,6	487	14,32
IV. Hybrides							
VAURIAC × SUCRIÈRE A							
N° 49	8 Nov.	rosés	rouge	blanche	3-4	480	16,28
» 50	8 »	vert-rose	blanche	»	5	430	16,11
» 51	8 »	verts	rouge	»	3-4	380	14,11
» 52	9 »	roses	»	»	4	500	14,09
» 53	9 »	verts	jaune	»	5	500	13,90
» 54	9 »	rosés	rouge	»	4	450	14,52
» 55	13 »	roses	»	»	3	450	14,57
» 56	13 »	»	»	rose	4	550	15,65
» 57	13 »	verts	jaune	»	4	300	14,92
» 58	14 »	jaunes	»	blanche	4	550	13,85
» 59	18 »	»	»	»	5-6	1080	13,62
» 60	18 »	»	»	»	4	300	16,80
» 61	10 Déc.	rouges	rouge	»	3	460	13,65
» 62	17 »	roses	»	»	4	650	18,00
» 63	18 »	verts	jaune	»	4	520	17,62
» 64	18 »	rouges	rouge	»	3-4	310	17,10
» 65	19 »	»	»	»	5-6	620	17,72
» 66	19 »	jaunes	jaune	»	4-5	630	15,60
» 67	19 »	rouges	rouge	»	3	380	16,70
» 68	19 »	jaunes	jaune	»	4	40	19,42
» 69	19 »	»	»	»	4	300	16,32
» 70	19 »	»	»	»	4	270	10,09
» 71	19 »	?	rouge	»	4	200	17,20
Moyennes	—	—	—	—	4	450	15,56

ANNÉE 1929	Date de l'analyse	Anneaux vasculaires	Poids des racines en grammes	Pour 100 grammes de pulpe fraîche						Pour 100 g. de mat. sèche				Pour 1 gramme de cendres		
				Sucre total en grammes	Matière sèche en grammes	Azote organique en grammes	Azote aminé en cm3 de soude N/5	Cendres en grammes	Alcalinité des cendres		Sucre total en grammes	Azote organique en grammes	Azote aminé en cm3 de soude N/5	Cendres en grammes	soluble en cm3 de soude N	Alcalinité insoluble en cm3 de soude N
									soluble en cm3 de soude N	insoluble en cm3 de soude N						
I. FOURRAGÈRES																
VAURIACS																
N° 129	24 Octobre	3-4	400	6,52	12,6	0,280	—	1,21	13	3,5	51,74	2,222	—	9,52	10,7	2,9
» 131	2 Novembre	3-4	375	9,86	13,0	0,268	12	1,00	—	—	75,80	2,060	92,3	7,60	—	—
» 133	5 »	3	870	7,27	11,4	0,252	20	1,00	10,2	5,5	63,77	2,210	175,4	8,70	10,2	5,5
» 147	23 »	5-6	720	8,10	11,8	0,262	14	0,79	—	—	68,64	2,220	118,6	6,80	—	—
Moyennes	—	3,8	591	7,93	12,2	0,265	15,3	1,00	—	—	64,98	2,178	128,7	8,15	—	—
Ibis FOURRAGÈRES																
VAURIACS																
cultivées en pleine campagne																
N° 137	9 Novembre	5	1500	3,31	6,3	0,170	6	0,70	8,6	2,0	52,60	2,706	101,7	11,05	12,5	2,8
» 142	13 »	4	1150	9,66	12,4	0,226	8	0,80	—	—	79,17	1,834	66,5	6,60	—	—
» 146	20 »	4	1250	2,99	6,2	0,131	11	0,90	—	—	48,15	2,118	177,0	14,60	—	—
» 160	13 Décembre	3	1300	2,00	5,4	—	—	—	—	—	37,03	—	—	—	—	—
Moyennes	—	4	1300	4,49	7,5	0,175	8,3	0,80	—	—	54,23	2,219	115,0	10,75	—	—

ANNÉE 1929	Date de l'analyse	Coloration			Anneaux vasculaires	Poids des racines en grammes	Pour 100 grammes de pulpe fraîche							Pour 100 g. de mat. sèche				Pour 1 g. de cendres							
							Sucre total en grammes	Matière sèche en grammes	Azote organique en grammes	Azote aminé en cm ³ de soude N/5	Cendres en grammes	Alcalinité des cendres		Sucre total en grammes	Azote organique en grammes	Azote aminé en cm ³ de soude N/5	Cendres en grammes	soluble en cm ³ de soude N	Alcalinité insoluble en cm ³ de soude N						
		pétiotes	racines	chair								soluble en cm ³ de soude N	insoluble en cm ³ de soude N												
III. HYBRIDES																									
SUCRIERE A																									
× VAURIAC																									
N° 139							10 Nov.	verts	blanche	blanche	4-5	480	14,62	19,4	0,291	15	0,80	—	75,36	1,500	77,3	4,12	—		
» 144							16 »	»	»	»	6-7	130	17,80	22,8	0,257	8	0,39	—	78,07	1,127	35,0	1,71	—		
» 149							27 »	»	»	»	5-6	600	16,90	22,6	0,256	10	0,41	—	74,77	1,132	44,2	1,71	—		
» 151							9 Déc.	»	»	»	5	290	16,10	23,4	0,246	16	0,50	4,0	68,88	1,051	68,3	2,13	12		
» 152							9 »	»	»	»	6	600	16,20	20,8	—	—	—	6,6	77,88	—	—	—	—		
Moyennes							—	—	—	—	5,5	420	16,32	21,8	0,262	12,2	0,52	—	74,99	1,202	56,2	2,41	—		
IV. HYBRIDES																									
VAURIAC																									
× SUCRIERE A																									
N° 138							10 Nov.	rosés	blanche	blanche	5-6	240	17,62	22,6	0,218	8	0,41	—	77,97	0,964	35,7	1,81	—		
» 145							16 »	verts	»	»	6	250	18,90	22,4	0,224	9	0,39	3,6	84,82	1,000	40,1	1,74	9,2	11,8	
» 150							27 »	»	»	»	5-6	630	18,95	22,6	0,201	8	0,36	—	83,84	0,889	35,4	1,59	—	—	
» 156							13 Déc.	»	»	»	5-6	630	19,00	23,0	0,285	11,2	0,35	4,0	82,60	1,239	48,6	1,52	11,4	12,2	
» 157							13 »	»	»	»	7-8	775	16,90	21,6	0,242	10	0,45	—	78,24	1,314	46,2	2,07	—	—	
Moyennes							—	—	—	—	6	505	18,27	22,4	0,234	9,2	0,39	—	81,49	1,081	41,2	1,74	—	—	
V. HYBRIDES																									
VAURIAC																									
× SUCRIERE A																									
cultivés en pleine campagne																									
N° 164							3 Nov.	rosés	rouge	blanche	4	1800	10,77	13,7	—	—	—	—	78,60	—	—	—	—	—	
» 165							17 »	»	»	»	5-6	1650	10,37	14,1	—	—	—	—	—	73,55	—	—	—	—	—
» 168							19 Déc.	verts	blanche	»	5	510	15,85	19,4	0,257	15	—	—	6	81,70	1,324	77,3	—	—	—
Moyennes							—	—	—	—	4,8	1320	12,33	15,7	—	—	—	—	77,95	—	—	—	—	—	

ANNÉE 1930	Date de l'analyse	Anneaux vasculaires	Poids des racines en grammes	Pour 100 grammes de pulpe fraîche								Pour 100 g. de mat. sèche				Pour 1 gramme de cendres	
				Sucre total en grammes	Matière sèche en grammes	Azote organique en grammes	Azot insoluble en grammes	Cendres en grammes	Alcalinité des cendres		Sucre total en grammes	Azote organique en grammes	Azote insoluble en grammes	Cendres en grammes	soluble en cm3 de soude N	Alcalinité soluble en cm3 de soude N	
									soluble en cm3 de soude N	insoluble en cm3 de soude N							
I. FOURRAGÈRES																	
VAURIACS																	
N° 225	10 Novembre	3	620	5,62	9,40	0,162	0,044	1,30	16,5	2,7	59,78	1,72	0,46	13,82	12,6	2,0	
» 228	13 »	3	525	6,19	9,15	0,145	0,047	0,95	12,2	1,6	67,65	1,58	0,51	10,38	12,8	1,6	
» 234	16 »	3-4	590	3,03	8,10	0,152	—	1,08	13,5	2,0	37,40	1,87	—	13,33	12,5	1,8	
» 249	27 »	5	250	6,05	8,95	0,156	0,036	1,15	10,9	1,8	67,59	1,74	0,40	12,84	9,4	1,5	
» 250	27 »	3-4	500	6,00	10,25	0,147	0,048	1,10	—	—	59,51	1,43	0,46	10,73	—	—	
Moyennes	—	3 6	497	5,37	9,17	0,152	0,044	1,11	13,2	2,0	58,38	1,66	0,45	12,22	11,8	1,7	
II. SUCRIÈRES																	
VILMORIN A																	
N° 224	10 Novembre	5-6	290	15,40	22,10	0,266	0,084	0,85	9,2	5,4	69,68	1,20	0,38	3,84	10,8	6,3	
» 235	20 »	5	270	17,80	21,30	0,207	0,073	0,50	6,4	4,0	83,56	0,97	0,34	2,34	12,8	8,0	
» 247	27 »	5-6	380	15,92	22,50	—	—	0,70	5,0	4 8	70,75	—	—	3,11	7,1	6,8	
Moyennes	—	5,3	313	16,37	21,96	0,236	0,078	0,68	6,8	4,7	74,66	1,08	0,36	3,09	10,2	7,0	
III. SUCRIÈRES																	
VILMORIN B																	
N° 226	13 Novembre	3-4	225	17,80	23 35	0,187	0,070	0,75	5,4	6,0	76,23	0,80	0,29	3,22	7,2	8,0	
» 236	20 »	5-6	600	16,40	22,05	0,204	0,102	0,80	5,4	3,4	74,37	0,92	0,46	3,62	6,7	4,2	
» 260	14 Décembre	4-5	300	15,07	19,80	—	—	0,75	9,0	4,0	76,11	—	—	3,77	12,0	5,3	
Moyennes	—	4,5	375	16,42	21,73	0,195	0,086	0,76	6,6	4,4	75,57	0,86	0,37	3,53	8,6	5,8	

[illegible]

ANNÉE 1932	Date de l'analyse	Anneaux vasculaires	Poids des racines en grammes	Pour 100 grammes de pulpe fraîche						Pour 100 g. de mat. sèche			Pour 1 g. de cendres			
				Sucre total en grammes	Matière sèche en grammes	Azote Insoluble en grammes	Cendres en grammes	Alcalinité des cendres		Sucre total en grammes	Azote Insoluble en grammes	Cendres en grammes	soluble en cm ³ de soude N	insoluble en cm ³ de soude N		
								soluble en cm ³ de soude N	insoluble en cm ³ de soude N							
I. FOURRAGÈRES																
GEANTES ROSES																
N° 395				3	230	6,55	9,55	0,033	0,90	8,8	2,6	68,58	0,34	9,42	9,7	2,9
» 408				2-3	165	9,00	13,15	0,041	0,85	7,0	3,0	68,96	0,31	6,51	8,2	3,5
» 411				3-4	940	7,59	10,80	0,041	1,15	11,5	2,1	70,27	0,37	10,64	10,0	1,8
Moyennes				3	445	7,71	11,39	0,038	0,96	9,1	2,6	69,27	0,34	8,86	9,3	2,7
II. FOURRAGÈRES																
VAURIACS																
N° 396				3	205	5,70	7,00	0,035	0,86	8,0	3,0	81,42	0,50	12,28	9,3	3,4
» 409				3-4	165	5,65	8,55	0,035	0,92	8,0	3,2	66,08	0,42	10,76	8,7	2,0
Moyennes				3,2	185	5,67	7,77	0,035	0,89	8,0	3,1	73,75	0,46	11,52	9,0	2,7
III. SUCRIÈRES																
VILMORIN A																
N° 397				3-4	210	16,40	22,10	0,078	0,70	6,7	3,0	74,20	0,35	3,16	9,5	4,2
» 405				5	230	18,00	23,30	0,063	0,75	5,7	4,0	77,25	0,27	3,21	7,6	5,3
» 406				5	120	19,20	25,80	0,092	0,50	—	5,8	74,41	0,36	1,93	—	11,6
» 410				6	495	13,80	18,00	0,045	0,55	7,0	2,6	76,66	0,25	3,05	12,7	4,8
Moyennes				4,8	263	16,85	22,30	0,069	0,62	6,4	3,8	75,63	0,31	2,84	9,9	6,5
IV. SUCRIÈRE																
VILMORIN B																
N° 412				5	495	18,40	22,00	0,084	0,66	5,7	4,3	83,63	0,38	3,00	8,6	6,5

ANNÉE 1932	Coloration			Date de l'analyse	Anneaux vasculaires	Poids des racines en grammes	Pour 100 g. de pulpe fraîche						Pour 100 g. de mat. sèche			Pour 1 g. de cendres	
	pétioles	racines	chair				Sucre total en grammes	Matière sèche en grammes	Azote insoluble en grammes	Cendres en grammes	Alcalinité des cendres		Sucre total en grammes	Azote insoluble en grammes	Cendres en grammes	soluble en cm3 de soude N	Alcalinité
											soluble en cm3 de soude N	insoluble en cm3 de soude N					
V. HYBRIDES																	
SUCRIERE A																	
× GEANTE ROSE																	
N° 399	verts	rose	blanche	19 Oct.	5	560	14,20	—	0,038	0,52	5,9	2,8	—	—	11,3	5,4	
» 400	»	»	»	19 »	3-4	200	11,35	18,05	0,046	0,51	5,4	3,0	62,88	0,25	2,82	10,5	5,8
» 401	»	»	»	19 »	4-5	270	11,91	15,60	0,049	0,82	6,0	3,3	77,27	0,32	5,32	7,3	4,0
» 402	»	bl.-rose	»	19 »	4-5	285	15,20	20,20	0,057	0,85	5,1	4,5	75,24	0,28	4,20	6,0	5,3
» 403	»	rose	»	19 »	4	615	14,30	18,80	0,059	0,65	7,4	3,2	76,06	0,31	3,45	11,3	4,8
» 415	»	»	»	12 Nov.	4	135	13,60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
» 416	»	»	»	12 »	4	330	14,10	16,70	0,066	0,80	7,9	2,9	84,43	0,39	4,79	9,0	3,6
Moyennes	—	—	—	—	4,2	342	13,38	17,83	0,052	0,69	6,2	3,3	77,17	0,31	4,13	9,2	4,8

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

1. AMBARD (L.). — Modifications à la méthode de Bertrand pour rendre cette méthode applicable au dosage de petites quantités de sucre. — *Bull. Soc. Chim. biol.*, 1920, 2, 203.
2. ANDRE (G.) — *Chimie agricole : I, Chimie végétale*, 2^e éd., Paris, 1914, p. 222.
3. ANDRLIK (K.), STANEK (V.) et URBAN (K.). — Veränderungen in der Zusammensetzung der Rübe während der Reife. — *Ztschr. f. Zuckerind. i. Böhm.*, 1902, 26, 343.
4. ANDRLIK (K.) et URBAN (K.). — Die Zusammensetzung der Reinasche der Wurzeln und des Krautes der Zuckerrübe und Deren Zusammenhang mit dem Zuckergehalt. — *Idem*, 1909, 33, 418.
5. ASTRUC (A.). — Sur l'essai de la magnésie calcinée. — *Journ. Pharm. et Chim.*, 1917, (7), 16, 65.
6. BAERTS (F.) et DELVAUX (P.). — Contribution à l'étude du dosage des amides dans les produits de sucrerie. — *Sucrerie Belge*, Numéro du Centenaire, 1930, 52.
- 6bis. BAERTS (F.) et DELVAUX (P.). — Sur le dosage des amides dans les produits sucrés. — *Bull. Soc. Chim. biol.*, 1932, 14, 224.
7. BERTRAND (G.) et THOMAS (P.). — *Guide pour les manipulations de Chimie biologique*, 2^e éd., Paris, 1913, p. 85.
8. BLANCHETIERE (A.). — L'évolution de nos connaissances sur la structure chimique des matières protéiques. — *Bull. Soc. Chim. biol.*, 1925, 7, 218.
9. BLARINGHEM (L.). — *Principes et formules de l'hérédité mendélienne*, Paris, 1928.
10. BLARINGHEM (L.), BRIDEL (M.) et BOURDOUIL (M^{11e} C.). — Sur la dominance du caractère amylacé dans les hybrides de première génération de deux variétés de pois. (*Pisum sativum* L.). — *C. R. Ac. Sc.*, 1931, 193, 1135.
11. BRIEM (H.). — Das Microscop und die Rübenzucht. — *Oest. Ung. Ztschr. f. Zuckerind. u. Landw.*, 1905, 34, 503.
12. BRIEM (H.). — Zur stickstofffrage beim Zuckerrübenbau. — *Idem*, 1910, 39, 30.
13. CAMBIER (R.) et LEROUX (L.). — Sur le dosage de l'azote organique en présence de nitrates par la méthode de Kjeldahl. — *C. R. Ac. Sc.*, 1932, 195, 1280.
14. CANALS (E.). — Dosage du calcium et du magnésium dans différents milieux salins. — *C. R. Ac. Sc.*, 1920, 171, 516.
15. CANALS (E.). — *Du rôle physiologique du magnésium chez les végétaux*, Paris, 1920.
16. CLEMENTI (A.). — Cité d'après *Chem. Abstracts*, 1916 (1), 10, 617.

17. COLIN (H.). — Action de la lumière sur la richesse saccharine de la betterave. — *Bull. Chim. Sucr.*, 1920-21, 38, 61.
18. COLIN (H.). — Betteraves sucrières et betteraves fourragères. — *C. R. Ac. Sc.*, 1924, 178, 2120.
19. COLIN (H.). — Structure et chimisme dans la betterave. — *Bull. Chim. Sucr.*, 1924-25, 42, 449.
20. COLIN (H.). — Sur la conservation des betteraves dans les silos. — *Bull. Chim. Sucr.*, 1927-28, 45, 8.
21. COLIN (H.) et BOUGY (E.). — Caractères de quelques hybrides de betteraves. — *C. R. Ac. Sc.*, 1930, 191, 730.
22. COLIN (H.) et BOUGY (E.). — Structure et richesse saccharine dans les hybrides de betteraves. — *C. R. Ac. Sc.*, 1932, 194, 1680.
23. COLIN (H.) et GRANDSIRE (A.). — Structure et chimisme dans la betterave. — *C. R. Ac. Sc.*, 1925, 180, 599.
24. CUNY (L.). — *Le dosage des sels biliaires dans la bile et le liquide duodénal*, Paris, 1930. — Appendice II, p. 188.
25. DECAISNE (J.). — Recherches sur l'organisation anatomique de la betterave. — *C. R. Ac. Sc.*, 1838, 7, 944.
26. DUSCHSKY (J. E.), MINZ (I. R.) et PAWLENKO (W. P.). — Stickstoffhaltige Bestandteile der Rübe und ihre Bewegung im Gange der Rohzuckerfabrication. — *Ztschr. d. Ver. Deut. Zuckerind.*, 1911, 61, 1.
27. FREMY (E.) et DEHERAIN (P. P.). — Recherches sur les betteraves à sucre. — *C. R. Ac. Sc.*, 1875, 80, 778.
28. GAROLA (C. V.). — *Plantes fourragères*, Paris, 1904.
29. GELIS (A.). — Action de la chaleur sur les substances neutres organiques; étude des produits torréfiés. — *Ann. Chim. et Phys.*, 1858, 52, 352.
30. GESCHWING (L.). — Etude sur le développement de la betterave à sucre. — *Bull. Chim. Sucr.*, 1899-1900, 17, 217.
31. GESCHWING (L.). — Sur les relations existant chez la betterave entre la genèse du saccharose et la structure de la racine. — *Bull. Chim. Sucr.*, 1900-1901, 18, 785.
32. GRANDSIRE (A.). — Le chimisme des feuilles privées de chlorophylle. — *Ann. Sc. Nat. : Botan.*, 1926 (10), 8, 221.
33. HALLQUIST (C.). — Über freiwilliges Selbststäuben bei *Beta*. — *Hereditas*, 1927, 9, 411.
34. van HEEL (J. P. D.). — *Onderzoekingen over de ontwikkeling van de anthère, van den zaadknop en van het zaad bij Beta vulgaris L.*, Naarden, 1925.
35. HELLRIEGEL. — Cité d'après de Vilmorin [96, p. 74].
36. HERZFELD (A.). — Stickstoff und Aschegehalt von Rübenproben des Jahres 1898. — *Ztschr. d. Ver. Deut. Zuckerind.*, 1898, 48, 827.
37. HERZFELD (A.). — Statistischer Versuch über den Gehalt der Fabrikrüben an Stickstoffverbindungen in den Jahren 1915, 1916, 1918 und 1919. — *Idem*, 1920, 70, 307.
38. JAKUSCHKIN (J.). — Von ergänzenden Richtungen auf dem Gebiete der Zuckerrübenzucht. — *Verh. d. V. intern. Kongress f. Vererbungsw.*, Berlin, 1927, 2, 920.
39. JARREL (J. F.). — The beet Stand and Losses in Yield. — *Louis. Plant. a. Sug. Manuf.*, 1924, 72, 493.
40. JODLBAUER (M.). — Die Bestimmung des Stickstoffes in Nitraten nach der Kjeldahl'schen Methode. — *Chem. Centralbl.*, 1886, 17, 433.

41. KAJANUS, (B.). — Genetische Studien an Beta. — *Ztschr. f. Indukt. Abstam. u. Vererb.*, 1911, 6, 137.
42. KAJANUS (B.). — Mendelistische Studien an Rüben. — *Fühl. Landwirtsch. Zeit.*, 1912, 61, 142.
43. KAJANUS (B.). — Über die Vererbungsweise gewisser Merkmale der Beta und Brassica Rüben. — *Ztschr. f. Pflanzenzüch.*, 1913, 1, 125.
44. KAJANUS (B.). — Über die Farbenvariation der Beta Rüben. — *Idem*, 1917, 5, 357.
45. KHARETSKO-SAVITSKAIA (E. I.). — Metodika i tiékhnika iskusstvennoi gibrizatsii sviokly. — *Naouk. zap. z. Tsouk. Promisl.*, 1931, 13 (2), 613. — Publication de l'Institut Ukrainien de recherches scientifiques pour l'industrie sucrière (Kiev); résumé en allemand, p. 630.
46. LAGATU (H.). — Sur le rôle respectif des trois bases : potasse, chaux, magnésie dans les plantes cultivées. — *C. R. Ac. Sc.*, 1921, 172, 129.
47. LINDHARD (E.) et KARSTEN (J.). — Cité d'après de *Vilmorin* [96, p. 94].
48. von LIPPMANN (E. O.). — *Deut. Zuckerind.*, 1932, 57, 27.
49. von LIPPMANN (E. O.). — *Geschichte der Rübe (Beta) als Kulturpflanze*, Berlin, 1925.
50. LITVINE (M. L.). — Podkapyvanié sviokly i migratsiia soka. — *Naouk. zap. z. Tsouk. Promisl.*, 1931, 13 (2), 465. — Publication de l'Institut Ukrainien de recherches scientifiques pour l'industrie sucrière (Kiev).
51. MAQUENNE (L.). — Action du saccharose sur la liqueur cupropotassique. — *C. R. Ac. Sc.*, 1915, 161, 617.
52. MAQUENNE (L.). — Action comparée du saccharose et du sucre interverti sur la liqueur cupropotassique. — *C. R. Ac. Sc.*, 1916, 162, 145.
53. MAQUENNE (L.). — Sur le dosage des réducteurs en présence d'un excès de saccharose. — *C. R. Ac. Sc.*, 1916, 162, 207.
54. MATTHYSEN (I. O.). — Cytologische und Anatomische Untersuchungen an Beta vulgaris, nebst einigen Bemerkungen über die Enzyme dieser Pflanze. — *Ztschr. d. Ver. Deut. Zuckerind.*, 1912, 62, 137.
55. MESTREZAT (W.). — Formol-titration des acides aminés en solution aqueuse dans l'urine. — *Bull. Soc. Chim. biol.*, 1919, 1, 107.
56. MESTREZAT (W.) et JANET (M^{lle} M. P.). — L'azote titrable par la méthode de Kjeldahl. — *Bull. Soc. Chim. biol.*, 1921, 3, 105.
57. MOLLIARD (M.). — Recherches physiologiques sur les galles : comparaison des galles avec les organes où la chlorophylle est atténuée ou fait défaut. — *Rev. Gén. Botan.*, 1913, 25, 348.
58. MORI (G.). — *Anomalia riscontrata sulle bietole da zucchero coltivate nel 1924*, Gênes, 1925.
59. MUNERATI (O.). — Osservazioni e ricerche sulla barbabietola da zucchero. — *Reale Accad. dei Lincei*, 1920 (5), 13, 175.
60. MUNERATI (O.), MEZZADROLI (G.) et ZAPPAROLI (T. V.). — Il peso e la ricchezza zuccherina delle barbabietole in rapporto alla superficie a disposizione delle singole piante nel campo. — *Stazioni sperim. agrarie*, 1913, 44, 755.
61. MUNTZ (A.) et GIRARD (A. C.). — *Les engrais*, Paris, 1889, I, p. 148; III, pp. 198 et 336.
62. MURMANN (E.). — Über die Trennung von Kalk und Magnesia. — *Ztschr. f. anal. Chem.*, 1910, 49, 688.

63. OETKEN (W.). — Cité d'après de *Vilmorin* [96, p. 119].
64. PAGNOUL (M.). — Sur le rôle exercé par les sels alcalins sur la végétation de la betterave et de la pomme de terre. — *C. R. Ac. Sc.*, 1875, 80, 1010.
65. PAYEN. — Distribution du sucre et de quelques autres principes immédiats dans les betteraves. — *C. R. Ac. Sc.*, 1847, 24, 909.
66. PELLET (H.). — Il n'y a pas de relation entre le poids d'une betterave et sa teneur en sucre — *Bull. Chim. Sucr.*, 1914-15, 32, 179.
67. PRITCHARD (F. J.). — Some recent investigations in sugar-beet breeding. — *The botan. Gazette*, 1916, 62, 425.
68. PRITCHARD (F. J.). — Correlations between morphological characters and the saccharine content of sugar-beet. — *American Journ. of Botany*, 1916, 3, 361.
- 69 von PROSKOWETZ (E.). — Cité d'après von *Lippmann* [49, p. 146 à 158].
70. PRYWER (C.). — Etudes cytologiques sur la betterave cultivée. — *C. R. Soc. Biol.*, 1930, 104, 1084.
71. QUILLARD (Ch.). — *La sucrerie de betteraves*, Paris, 1932, p. 48.
72. RIMPAU (W.). — *Kreuzungsprodukte landwirtschaftlicher Kulturpflanzen*, Berlin, 1891.
73. RIEP (B.). — Über die Bildung von Karamelkörpern bei Gegenwart von stickstoffhaltigen Substanzen. — *Ztschr. d. Ver. Deut. Zuckerind.*, 1926, 76, 627.
74. ROEMER (Th.). — *Handbuch des Zuckerrüben Baues*, Berlin, 1927.
75. RONCHESE (A. D.). — *Méthodes de dosage de quelques composés azotés*, Paris, 1908.
76. SAILLARD (E.). — Action des liqueurs cuivriques sur le saccharose. — Dosage du sucre interverti accompagné de saccharose. — *C. R. Ac. Sc.*, 1915, 161, 591.
77. SAILLARD (E.). — *Betterave et sucrerie de betterave*. — Troisième édition, 2 volumes, Paris, 1923.
78. SAILLARD (E.). — Sur la fixité de la composition des végétaux d'après Liebig et la betterave à sucre née de sélection. — *C. R. Ac. Sc.*, 1931, 192, 504.
79. SAILLARD (E.). — La betterave à sucre et les mélasses (azote et raffinose). — *C. R. Ac. Sc.*, 1931, 192, 1748.
80. SCHINDLER (F.). — Über die Stammpflanze der Runkel und Zuckerrüben. — *Botan. Centralbl.*, 1891 (3), 46, 6.
81. SHAW (H. B.). — Self close and cross fertilisation of beets. — *Mem. N. Y. Botan. Garden*, 1916, 6, 149.
82. SIDERSKY (D.). — Composition chimique de la betterave. — *Bull. Chim. Sucr.*, 1900-01, 18, 553.
83. SORENSEN (S. P. L.). — Enzymstudien : I, Formoltitrirung. — *Biochem. Ztschr.*, 1908, 7, 45.
84. SORENSEN (S. P. L.) et JESSEN-HANSEN (H.). — Über die Ausführung der formoltitrirung in starkfarbigen Flüssigkeiten. — *Idem*, 1908, 7, 407.
85. SOUCEK (J.). — Über die Wirkung gesteigerter Chilesalpetergaben zur Zuckerrübe. — *Ztschr. f. Zuckerind. d. tsch. Rep.*, 1926, 50, 419.
86. STROHMER (F.) et FALLADA (O.). — Einfluss starker Stickstoffdüngung auf die Beschaffenheit der Zuckerrübe. — *Oest. Ung. Ztschr. Zuckerind. u. Landw.*, 1909, 38, 708.
87. TABENZKI (A. A.). — *Bilderatlas der Anatomie und Biologie der Zuckerrübe*, Kiev, 1922.

88. TANRET (C.). — Alcaloïdes produits par l'action de l'ammoniaque sur le glucose. — *C. R. Ac. Sc.*, 1885, **100**, 1540.
 89. THENARD (P.). — Considérations sur la formation de certaines matières azotées et particulièrement sur l'acide fumique. — *C. R. Ac. Sc.*, 1861, **52**, 444.
 90. TRÉNEL (M.). — Hat die Bodenreaktion auch in der praktischen Landwirtschaft den Einfluss der ihr auf Grund von wissenschaftlichen Vegetationsversuchen zugeschrieben wird? *Ztschr. f. Pflanzenern. u. Düng.*, 1925, **4**, 201.
 91. TSCHERMAK (E.). — Über seltene Getreide- und Rübenbastarde. — *Verh. d. V intern. Kongress f. Vererbungsw.*, Berlin, 1927, **2**, 1495.
 92. URBAN (J.). — Über Aenderungen im Zuckergehalt und in der Wachstumgeschwindigkeit der Rüben als Folge verschiedener Wasserniederschläge. — *Ztschr. f. Zuckerind. d. tsch. Rep.*, 1925, **49**, 299.
 93. URBAN (J.) et SOUCEK (J.). — Über die Wirkung gesteigerter Chilisalpetergaben auf die Qualität der Rübe. — *Idem.* 1924, **48**, 449.
 94. Versammlung Deutscher Naturforscher und Aerzte in Magdeburg. — *Botan. Centralbl.*, 1884, **20**, 252.
 95. VILLE (G.). — Conférences de Vincennes. — Cité d'après Saillard [77, II, p. 130].
 96. de VILMORIN (J. Levêque). — *L'hérédité chez la betterave cultivée*, Paris, 1923.
 97. de VILMORIN (J. Levêque) et CAZAUBON (E.). — Les facteurs météorologiques et la formation du uscre chez la betterave. — *Bull. Chim. Sucr.*, 1925-26, **43**, 159.
 98. VONDRAK (J.). — Die Zusammensetzung der Säfte aus der Kampagne 1921-22. — *Ztschr. f. Zuckerind. d. tsch. Rep.*, 1922, **46**, 691.
 99. VONDRAK (J.). — Bericht über die Zusammensetzung der Säfte aus der Kampagne 1922-23. — *Idem.*, 1923, **47**, 643.
 100. VONDRAK (J.). — Über die Bestimmung der Amide in Zuckerfabriksprodukten. *Idem.*, 1927, **51**, 261.
 101. WOHRYZEK (O.). — *Chimie de l'industrie du sucre*. — Traduction de la deuxième édition allemande, par A. Jouve, Paris, 1931.
 102. WOLFF (E.). — *Aschenanalysen*, Berlin, 1880, II, pp. 125, 127, 128.
-

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

1° NUTRITION DES HYMÉNOPTÈRES PARASITES
ET, EN PARTICULIER, DES AMMOPHILES.

2° ÉTUDE DE LA STRUCTURE DES FIBRES
ANIMALES (CHEVEUX, LAINE, SOIE, ETC...)
AU MOYEN DES RAYONS X.

VU ET APPROUVÉ

Paris, le 4 Mai 1933

Le Doyen de la Faculté des Sciences

CH. MAURAIN.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER

Le Recteur de l'Académie de Paris,

S. CHARLÉTY

